

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**LIBEREC 2011**

**PETRA ZÁKRAVSKÁ**

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

## FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil

Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

### ÚČINNOST A ODOLNOST ANTIBAKTERIÁLNÍHO ÚČINKU NA ANTIBAKTERIÁLNĚ UPRAVENÝCH TEXTILIÍCH EFFICIENCY AND RESISTANCE OF ANTIBACTERIAL EFFECT OF ANTIBACTERIAL MODIFIED TEXTILES

Petra Zákravská

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Jitka Nováková

**Rozsah práce:**

Počet stran textu... 65

Počet obrázků..... 23

Počet tabulek..... 10

Počet grafů ..... 9

Počet stran příloh . 5

## **Zadání bakalářské práce**

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 29. 4. 2011

.....

Podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucí bakalářské práce Ing. Jitce Novákové za hodnotné rady, odborné vedení, připomínky k práci a čas, který mi věnovala při zpracování této práce. Vřelé poděkování také náleží Mgr. Ireně Šlamborové, Ph.D. a doc. Ing. Jakubovi Wienerovi, Ph.D. za odbornou spolupráci při tvorbě experimentální části.

Poděkování patří Ing. Janě Macanové z VÚB za dodání potřebných textilních materiálů, bez nichž by moje experimentální část nemohla být realizována.

Ráda bych poděkovala svým rodičům za podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu mého studia.

## ANOTACE

Cílem bakalářské práce je interpretace výsledků výzkumu antibakteriálních vlastností antibakteriálně upravených textilií. V práci je kladen důraz na zjištění změn vlastností antibakteriální úpravy po násobném praní.

Teoretická část je zaměřena na rozdělení a vlastnosti mikroorganismů. Podrobně je popsán princip fungování antibakteriálního účinku stříbra a hodnocení antibakteriálních úprav.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** mikroorganismus, antibakteriální úprava, antibakteriální účinek stříbra, fermentace, inokulum

## ANNOTATION

The aim of this work is the interpretation of results of research of antibacterial properties in antibacterial treated fabrics. This work puts the emphasis on changes in properties of the antibacterial treated fabrics after several washing process.

The theoretical part is focused on distribution and properties of microorganisms. In detail is described the operating principle of antibacterial effect of silver and assessment of antibacterial treatment.

**KEY WORDS:** microorganism, antibacterial, antibacterial effect of silver, fermentation, inoculum

# Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů .....	9
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	11
1.1 Říše mikroorganismů .....	12
1.1.1 Rozdělení mikroorganismů .....	12
1.1.2 Lidská pokožka jako živná půda mikrobů .....	13
1.1.3 Bakterie .....	13
1.1.4 Kvasinky .....	15
1.1.4 Plísně .....	17
1.2 Antibakteriální textilie .....	18
1.2.1 Antibakteriální úpravy .....	19
1.2.1.1 Fungicidní úprava .....	19
1.2.1.1.1 Prostředky pro fungicidní úpravu .....	20
1.2.1.1.2 Technologický postup .....	21
1.2.1.1.3 Postup hodnocení fungicidních úprav .....	21
1.2.1.2 Hygienická úprava .....	21
1.2.1.2.1 Prostředky pro hygienickou úpravu .....	22
1.2.1.2.2 Technologický postup .....	22
1.2.1.2.3 Postup hodnocení hygienických úprav .....	22
1.2.1.3 Antibakteriální účinek stříbra .....	23
1.2.1.3.1 Koloidní stříbro .....	26
1.2.1.3.1.1 Výroba koloidního stříbra .....	27
1.2.1.3.2 Způsoby aplikace antibakteriálních prostředků na bázi Ag .....	28
1.2.1.3.2.1 Trevira Bioactive <sup>®</sup> .....	28
1.2.1.3.2.2 Impregnační prostředek SILVERPLUS <sup>®</sup> protection .....	30
1.3 Hodnocení antibakteriálních úprav .....	31
1.3.1 ČSN EN ISO 20743 (800068) .....	31
1.3.2 AATCC 100 – 2004 .....	36

1.3.3	AATCC 147 - 2004.....	36
2	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	38
2.1	Popis materiálů.....	38
2.1.1	Postup praní .....	40
2.2	Experiment I: Testování antibakteriálních vlastností kvasícím procesem .....	41
2.2.1	Podrobný popis experimentu .....	41
2.2.1.1	Příprava zásobního roztoku kvasinek .....	42
2.2.1.2	Chemikálie použité při experimentu:.....	43
2.2.1.3	Laboratorní pomůcky sestavené aparatury pro kvasící proces .....	43
2.3	Experiment I: se vzorkem A (100% Bavlina bez antibakteriální úpravy).....	45
2.3.1	Výsledek experimentu.....	45
2.4	Experiment I: se vzorkem B (60% Bavlina, 20% SeaCell active, 20% SeaCell pure) ...	47
2.4.1	Výsledek experimentu.....	47
2.5	Experiment I: se vzorkem C (50% Bavlina, 50% TreviraBioactive) .....	50
2.5.1	Výsledek experimentu.....	50
2.6	Experiment I: se vzorkem D (50% Bavlina, 30% Smartcell sensitive, Seacell pure) .....	53
2.6.1	Výsledek experimentu.....	53
2.7	Experiment I: se vzorkem E (100% Bavlina upravená SILVERPLUS® protection).....	56
2.7.1	Výsledek experimentu.....	56
3	VYHODNOCENÍ A DISKUZE .....	59
4	ZÁVĚR .....	61
	Seznam použitých literárních zdrojů.....	62



## Seznam použitých zkratek a symbolů

Zkratka	Význam
např.	například
apod.	a podobně
aj.	a jiné
tzn.	to znamená
viz	lze vidět
Ag <sup>+</sup>	kladně nabitě ionty stříbra
<i>E. coli</i>	<i>Escherichea coli</i>
DNA	deoxyribonukleová kyselina

Symbol	Význam [Jednotka]
μm	mikrometr [μm=10 <sup>-6</sup> m]
nm	nanometr [nm=10 <sup>-9</sup> m]
mm	milimetr [mm=10 <sup>-3</sup> metrů]
cm	centimetr [cm=10 <sup>-2</sup> metrů]
ml	mililitr [ml=10 <sup>-3</sup> litrů]
g	gram [g=10 <sup>-3</sup> kg]
kPa	kilopascal [kPa=10 <sup>3</sup> Pa]
V	objem (ml)
t	čas (min)

## Úvod

Mikroorganismy žijí v přirozené rovnováze s lidským tělem a životním prostředím. Některé bakteriální kmeny působí na jedince přirozeně a jsou zdravotně nezávadné, mnohdy i zdraví prospěšné a jiné druhy mohou naopak vyvolávat různě závažná onemocnění. Jejich rychlé množení může ohrozit zdravotní stav jedince.

Už v historii se lidé odívali. Chránili se tak před nepříznivým počasím. Z používaných materiálů převažovala bavlna. Bavlna byla sice příjemným materiálem, ale po napadení mikroby docházelo k rozkládání vláken. Lidé proto začali vymýšlet alternativní řešení, jak zabránit tomuto jevu. Zkoušeli na bavlněná vlákna nanášet vosky, parafíny a jiné látky, které by mohly vlastnosti bavlněných vláken zlepšit. Největším přínosem pak byla výroba chemických vláken, zvláště polyesteru.

V posledních letech vzrostly požadavky na standardy životního stylu. Lidé od nošení textilních výrobků očekávají větší pohodlí, svěžest a čistotu. Výrobci textilií z tohoto důvodu reagují na trh a snaží se neustále zdokonalovat textilní materiály, aby vyhověli přáním uživatelů. Jejich cílem je vyrobit materiál, který bude na člověka působit přirozeně, bude zdravotně nezávadný a zároveň bude vykazovat antibakteriální účinky.

Vlastní cíl práce udaný zadáním je sledování úbytku účinnosti antibakteriálních úprav v závislostech na cyklech praní. Práce je rozdělena do dvou částí. Teoretická část je zaměřena na rozdělení a vlastnosti mikroorganismů, antibakteriální textilie, antibakteriální úpravy, antibakteriální účinek stříbra, aplikaci prostředků na bázi Ag a hodnocení antibakteriálních úprav.

Druhá část je experimentální. Obsahuje rozbor a popis materiálů, na kterých byla prováděna experimentální měření. Měření bylo realizováno v laboratořích TU v Liberci. V závěru práce jsou vyhodnoceny a diskutovány výsledky experimentální části.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

Vojenské materiály byly v historii vyráběny z nejběžněji dostupného materiálu – bavlny. Nepříznivé životní podmínky byly součástí všedního vojenského života. Za těchto extrémních podmínek docházelo k nadměrnému množení bakterií a plísní. Ty napadaly textilní materiál i lidskou pokožku. Vojáci měli podrážděnou pokožku, která jim silně zapáchala. Kožní onemocnění se pro ně stalo chronickým problémem. Jako opatření proti kolonizaci bakteriemi a plísněmi používali rtuťové lázně, ve kterých si namáčeli svoje uniformy. Tento způsob obrany proti škůdcům nepatřil k těm nejšetrnějším vůči lidskému tělu. Postupem času přicházeli na účinnější a šetrnější metody, jako bylo voskování, parafinování a upravování v lázni s obsahem mědi. Materiál se stal pevnějším, odolnějším a uvolňoval velice aromatický zápach, který měl odpuzovat mikroby. Největším přínosem pro vojenské oděvy byl rozvoj výroby chemických vláken. Polyesterová a nylonová vlákna bezkonkurenčně nahradila bavlnu. V současné době se k antibakteriální úpravě textilií používá technologie na bázi antibakteriálního účinku stříbra.

Už od narození jsou všechny části lidského těla a jeho sliznice zahaleny do přirozené mikroflóry. Přirozená obranyschopnost člověka zabraňuje kolonizaci lidského těla choroboplodnými mikroorganismy. Osidlování mikroorganismy probíhá pouze na těch částech těla, které přijdou do přímého kontaktu s vnějším okolím. Větší část napadajících mikrobů dokáže žít s lidským jedincem ve vzájemně výhodném soužití. Bývají si navzájem prospěšní [1]. Označují se jako nepatogenní. V opačném případě, kdy do dutiny lidského těla, nebo na jeho povrch vniknou patogenní druhy mikroorganismů a náleží jim schopnost nadměrně se rozmnožit, mohou vyvolávat různě závažné kožní infekce. Kožní choroby jsou nepříjemným zdravotním dlouhotrvajícím problémem. Může dojít k postižení celého těla, nebo pouze některých jeho částí. Zánětlivá onemocnění kůže mají obvykle silně svědivý charakter, jsou červená, kůže může být velmi suchá, rozpraskaná, olupující se, zduřelá, zanícená a mokvající [2]. Inkubační doba je velmi různorodá. Pohybuje se v rozmezí 1 až 2 týdny.

## 1.1 Říše mikroorganismů

Člověk je v průběhu svého života v nepřetržitém kontaktu s mikroorganismy. Pouhé lidské oko nejmenší nositele života nezahledne. Jsou viditelné pouze mikroskopicky. Při vhodném zvětšení může být pozorován jejich tvar, velikost, struktura a uspořádání. V živočišné a rostlinné říši obsadili významnou pozici. Stali se potravou pro některé organismy a podílejí se na udržování koloběhu živin [3]. Patogenní druhy mikroorganismů však okolí škodí a napadají člověka infekčními chorobami. Mezi patogenní druhy mikroorganismů řadíme bakterie, kvasinky, plísňe a viry. Patogenita u různých druhů mikrobů je individuální. Některé kolonie vyvolávají nebezpečná, někdy až smrtelná onemocnění, jiné pouze eliminují průběh choroby. Primitivní říše mikroorganismů je charakterizována jejich vlastní metabolickou výměnou. Látková výměna u mikrobů spočívá v souhrnu všech chemických reakcí probíhajících v buňkách. Nezbytnými podmínkami pro rozmnožování a růst mikroorganismů jsou teplota, kyslík, voda a v neposlední řadě živiny [4].

### 1.1.1 Rozdělení mikroorganismů

Z hlediska využívání kyslíku:

- a) aerobní – ke svému růstu mikrobi vyžadují vzdušný kyslík;
- b) anaerobní – v přítomnosti kyslíku dochází k inhibici mikrobů;
- c) mikroaerobní – pro život vyžadují malé množství kyslíku s převládajícím obsahem oxidu uhličitého;
- d) fakultativně anaerobní – mikroorganismy dokážou růst v přítomnosti kyslíku i bez něj [4].

Z hlediska vztahu k teplotě prostředí:

- a) psychofilní – chladnomilné mikroorganismy, které ke svému životu potřebují teplotu 15 až 20°C;
- b) mezofilní – optimální teplota pro růst a přežití se pohybuje kolem 35 – 37°C;
- c) termofilní – teplomilné mikroorganismy; přežívají pouze při vyšších teplotách okolo 50 až 60 °C [4].

Z hlediska způsobu získávání energie:

- a) autotrofní – mikroorganismy využívají vlastnosti syntetizovat organické látky; štěpením uvedených látek dokážou uvolňovat energii potřebnou k jejich růstu;
- b) heterotrofní – pro přežití a zachování jejich existence je potřeba zužítkovat energeticky plnohodnotné organické látky; nemají schopnost syntetizovat, proto jsou odkázány na patřičný přísun látek [4].

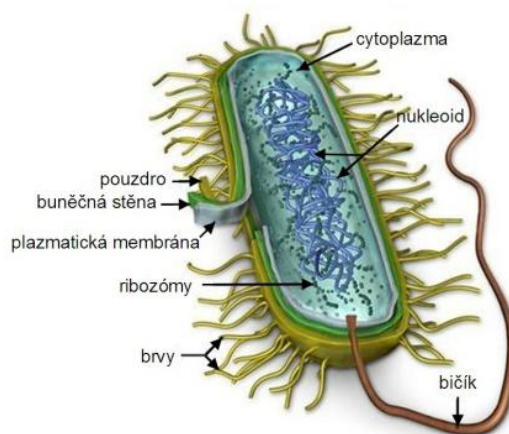
### 1.1.2 Lidská pokožka jako živná půda mikrobů

Kůže je největším tělesným orgánem na lidském těle. V první řadě slouží jako ochranná bariéra mezi vnějším prostředím a vnitřním prostředím tělním. Početní zastoupení bakterií na kůži je srovnatelné s počtem buněk lidského těla. Pokožka není považována za vhodné prostředí pro množení bakterií z důvodu jejího vysychání. Optimální médium pro růst bakterií tvoří místa, kde dochází ke vzniku vlhké zapářky. Obličej, kožní záhyby, podpaží, u žen rýha pod prsy, pupeční jizva, oblast močových cest, konečníku a v prostorech mezi prsty [5]. Výměšky potních žláz a produkce mazu poskytují doslova živnou půdu pro choroboplodné mikroorganismy. Bakterie pomáhají při rozkladu složek tělních sekretů. Rozkladem vznikají prchavé, nepříjemně aromatické látky. Tělesné zápachy. *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Corynebacterium* jsou dominantními zástupci rodů bakterií, které mohou svým nadměrným rozmnožením vyvolat zánětlivá onemocnění kůže a sliznic. [6]

### 1.1.3 Bakterie

Nejrozšířenější skupinou jednobuněčných individuí jsou bezkonkurenčně bakterie. Pohybují se v okolním vzduchu, půdě, vodě, ale i na povrchu a uvnitř lidského těla. Většina druhů bakterií žije v symbióze s organismem. Bakteriální buňky jsou zařazeny mezi prokaryotické organismy. Prokaryotické organismy se vyznačují organizací jaderního materiálu. Jaderná oblast není oddělená od cytoplazmy membránou. Mají charakteristické vlastnosti ribozómů – jejich uložení je ve volném uspořádání v cytoplazmě. Liší se od eukaryotických organismů složením a strukturou buněčné stěny. Posledním znakem je absence některých organel [6]. Velikost buněk se pohybuje v rozmezí mezi desetinou a desítkami  $\mu\text{m}$ . Působení různých faktorů během života bakterie ovlivňuje rozměr. Existují rozmanité tvary bakteriálních buněk a jejich kolonií. Kulovité tvary jsou obecně nazývány koky. Páry koků jsou diplokoky, čtyři

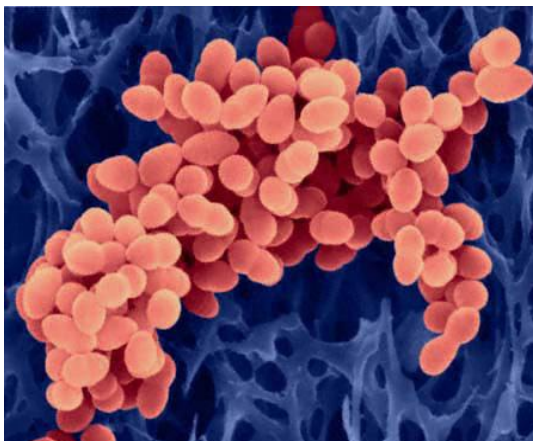
buňky v kolonii jsou tetrakoky. Streptokoky vytvářejí řetízkové kolonie. Hroznovité kolonie jsou typické pro stafylokoky a sarcíny se řadí do balíčkovitých kolonií [7]. Mezi zástupce tyčinkovitých tvarů spadají bacily, vibria, sperily, leptospiryly, spirochety, aktinomycey, a korynebakterie [4]. Bakterie se chemickým složením neliší od rostlinných a živočišných buněk. Tělo je tvořeno zhruba 70 – 90 % z vody, sušina obsahuje 50 – 90 % bílkovin [6]. Buňku bakterie chrání velmi pevná stěna, pod kterou je uložena cytoplazmatická membrána. Úkol membrány spočívá v oddělování cytoplazmy od vnějšího prostředí. Vnitřní prostor vyplňuje cytoplazma. Povrch buněk je zapouzdřen do kapsuly [4]. Schéma struktury bakteriální buňky je na obr. 1. Podle barvitelnosti buněčné stěny Gramovým barvením se bakterie člení na grampozitivní, gramnegativní a bez buněčné stěny. Bakterie se rozmnožují příčným dělením, pučením nebo pohlavně. Při příčném dělení se buňka prodlouží na dvojnásobnou délku a v centru vznikne přehrádka. Význam přehrádky spočívá v rozdělení na jeden pár shodných částí. Vzniklé části jsou nazývány sesterské buňky. Pučení představuje vytváření nové buňky, do které je posléze vpravena DNA a buňka se odpojí. Až doroste do odpovídající velikosti, bude mít schopnost se sama rozmnožovat [7]. Vhodné prostředí pro růst bakterií musí obsahovat dostatečný zdroj uhlíku, dusíku a energie.



Obr. 1 Schéma struktury bakteriální buňky [9].

Původcem hnisavých onemocnění jsou zejména grampozitivní bakterie kulovitěho tvaru. Nejčastějším choroboplodným nepřítelem je *Staphylococcus aureus* (obr. 2) [1]. Jmenovaný zástupce rodu *Staphylococcus* napadá skupiny lidí, kteří mají oslabený imunitní systém, včetně novorozenců. Dalšími potenciálními pacienty mohou být osoby trpící chronickými chorobami, cukrovkou, rakovinou nebo plicními

infekcemi. Lokalizovaná místa po přemnožení bakterií mají červený charakter, jsou oteklá, zahnisaná a bolestivá. Jako zdroj přenosu se uvádí přímý styk s nemocným [8].

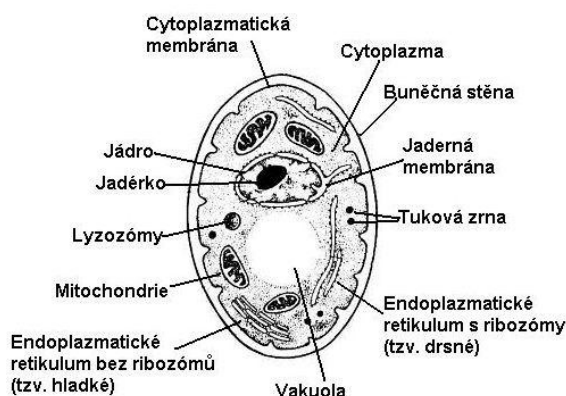


*Obr. 2 Staphylococcus aureus [10].*

#### **1.1.4 Kvasinky**

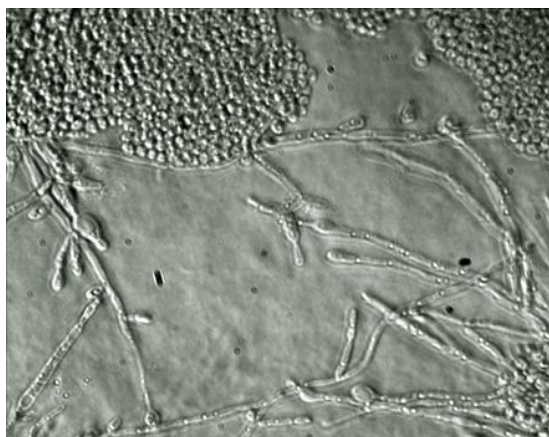
Kvasinky jsou zařazeny do skupiny jednobuněčných houbových mikroorganismů. Ve vnějším okolí se vyskytují ve vzduchu, vodě, půdě, ovoci, na mrtvých listech, téměř všude. V těle přežívají v dutině ústní, krku, střevě a v pohlavním ústrojí. Potravou kvasinek jsou cukry, které následně zkvašují na etanol a kysličník uhličitý [11]. Velikost buněk kvasinek bývá v rozmezí 3 – 15  $\mu\text{m}$ . Velikost je závislá na rodové příslušnosti, a podmínkách rozmnožování. Kvasinky se vyznačují okrouhlým nebo vejčitým tvarem. Během vývoje může dojít ke změnám tvaru buněk. Struktura kvasinkové buňky (obr. 3) je složena z pevné buněčné stěny, cytoplazmatické membrány, cytoplazmy a jádra. Úkolem membrán je oddělení od jednotlivých prostorů buňky. K vegetativnímu rozmnožování u kvasinek dochází pučením. Na mateřské buňce se vytvoří pupen a ten se postupně zvětšuje. Po dosažení maximální velikosti pupene, následuje rozklad všech buněčných součástí. Po rozdělení, určitý počet spolu s jádrem migruje do pupenu. V případě, dostatečného zásobování buněk kyslíkem a nedostatku potřebného přísunu živin se začíná zpomalovat rychlost reprodukce za současného prodlužování buněk. Tyto buňky se pak natahují do míst, kde ještě živiny nejsou vyčerpány. Následkem natahování je tvar okrajů kolonie, která svým tvarem připomíná kořínky. Na konci kořínků se postupně vytvoří hloučky elipsoidních buněk. Hloučky se spojují do chomáčků, nebo nepravidelných větví a vzniká tzv. pseudomycelium. Mimo vegetativního způsobu rozmnožování může být u

kvasinkových buněk pozorováno rozmnožování pohlavní. Principem je splynutí dvou buněk a následné spojení jejich jader [12]. Kvasinka dokáže v lidském organismu žít s jinými bakteriemi v symbióze. Udržují si vzájemně mezi sebou konkurenční rovnováhu. Bakterie mají za úkol kontrolovat růst kvasinek. V případě, kdy se naruší rovnovážný stav, dojde ke kolonizaci tělesných tkání [11]. Patogenní druhy kvasinek zastupují rody *Candida*, *Cryptococcus* a *Trichosporon*.



Obr. 3 Schéma struktury buňky kvasinek [13].

Neběžnějším napadajícím druhem je *Candida Albicans* (obr. 4). Charakteristická je produkce toxických látek, které mohou způsobit otravu různých částí těla. Toxické látky oslabují imunitní systém. Narušení imunity vyvolá zdravotní problémy, jako jsou otoky kloubů, dýchací problémy a kožní onemocnění. Kvasinkové mikroorganismy s oblibou rostou ve vlhkých místech. Nejčastěji postižená místa *Candidou Albicans* v případě dermatologických onemocnění jsou ústa, vagina, v oblasti kožních záhybů a mnohdy i na nehtech. Prvním příznakem kvasinkové infekce je svědění, které je ve většině případů doprovázeno nepříjemným pálením [14].



Obr. 4 *Candida Albicans* [14].



### 1.1.4 Plísňe

Plísňové houby rostou v podobě mnohobuněčných mikroorganismů bez velkých plodnic. Vyskytují se téměř na všech místech v přírodě, i na živých organismech. Tělo plísni se skládá z vláken hyf, které tvoří mycelium. Mycelium je možné popsat jako shluk vzájemně propletených vláken, podhoubí. Část podhoubí prorůstá půdou a část vylézá nad povrch do okolního prostředí. Plísňe se rozmnožují plodničkami, které jsou umístěny na povrchu mycelia. Úkolem plodniček je produkce výtrusů, jež se svým chováním dají přirovnat semenům [4]. Při odpovídajících podmínkách tvoří nové formy života. Nejdůležitějším faktorem pro rozmnožování plísni je vlhkost. Většina druhů plísni ze svého mycelia vylučuje silné plísňové jedy. Tyto jedy jsou pro člověka nebezpečné. Houbovitě organismy napadají kůži a v horších případech vnitřní orgány člověka.

Povrchové mykózy představují onemocnění kůže (obr. 5), vlasů, vousů a nehtů. Nositeli patogenity v oblasti kožních onemocnění jsou rody *Trichiohyton*, *Microsporum* a *Epidermophyton*. Zdrojem nákazy může být nemocný člověk, zvíře nebo nedostatečná hygiena. Dermatomykózy s sebou přináší nepříjemné svědění, mokvání, olupování a zčervenání pokožky [1]. Inkubační doba dermatomykózy jsou dva týdny. Nejlepšími místy pro růst plísni jsou prostory mezi prsty nohou, chodidla a nehty.



Obr. 5 Plísňové onemocnění kůže [15].

## 1.2 Antibakteriální textilie

Antibakteriální úpravy jsou navrženy pro použití u oděvů, jejichž hlavním úlohou je zajistit ochranu před nežádoucími mikroby, které přichází do kontaktu s oděvy. Napadení mikroby způsobuje infekci kůže a vyvolává nepříjemný zápach. Kromě toho, zhoršuje vlastnosti textilního materiálu nebo dochází k úplné degradaci. K rozpadu textilie dochází především u celulosových materiálů. Upravené textilie dokážou zahubit nebo potlačit růst škodlivých mikroorganismů. U antibakteriálních textilií se dosahuje jejich účinku působením kationtů stříbra. Ve vlhkém prostředí se uvolňují ionty  $\text{Ag}^+$ , které jsou původci antibakteriálního účinku. Kladně nabití ionty potlačují životně důležité funkce v mikroorganismu. Uvádí se, že kationty stříbra se mnohdy jeví ještě účinnější než běžná antibiotika, neboť jsou extrémně aktivní již v malém množství. V suchém prostředí stříbro antibakteriální účinek nevykazuje [16]. Výrobky s antibakteriální úpravou na bázi  $\text{Ag}^+$  nevykazují toxicitu vůči lidskému organismu a jsou velice dobře snášeny. Antimikrobiální textilie mají širokou škálu využití. Staly se bezkonkurenčními materiály ve zdravotnickém textilu, kde se používají ve formě chirurgických nítí, roušek, obvazů, plášťů a prostěradel. Patříčný význam mají ve vojenském textilu, sportovním oblečení, běžném oblečení, bytovém textilu a geotextilu. Z antibakteriálních materiálů se dále vyrábí většina filtrů. Hodnocení z ekologického hlediska je kladné. Nevylučují žádné toxické látky do okolního prostředí.

Existuje vlákno, které přirozeně vykazuje antibakteriální a antimykotický účinek. Bambusové vlákno je vyráběno z regenerované celulosy získané z bambusové dřeviny [30]. V rámci laboratorních testů, provedených JTIA (Japan Textile Inspection Association), bylo zjištěno: „Po vložení kultur bakterií *Staphylococcus aureus* na tkaninu vyrobenou z regenerované celulózy získané z bambusové dřeviny jich během 24 hodin 99,8% umírá“ [17]. Mezi další přednosti bambusových vláken lze zařadit: ochranu před UV zářením, výborné termoregulační vlastnosti, prodyšnost, absorpční vlastnosti, jemnost a nemačkovost. Vzhledem k naturálnímu původu je bambusová surovina ekologická a považuje se za obnovitelný zdroj. Samotná výroba vláken už je ale značně neekologická. Výrobky z regenerované celulosy z bambusové dřeviny jsou doporučovány lidem, kteří mají citlivou pokožku, trpí kožními alergiemi a ekzémy [17].

Antibakteriální textilie musí kromě specifických funkcí, přinášet nositeli odpovídající stupeň komfortu. Člověk se cítí pohodlně v případě, kdy jsou fyziologické

funkce organismu v rovnováze a tělesná teplota se pohybuje okolo 35°C. Důležitým faktorem je, aby oděv sloužil jako ochranná bariéra před chladem, větrem a vlhkostí. Textilie by měla dostatečně propouštět vodní páry do okolního prostředí a udržovat stálou tělesnou teplotu. Po splnění těchto podmínek, je možné oděv nazvat komfortním [18].

### **1.2.1 Antibakteriální úpravy**

Výsledkem napadení a přemnožení mikrobů je hnití a plesnivění. Mikroorganismy, jako jsou plísňe a bakterie nejčastěji kolonizují celulosová a proteinová vlákna. Na napadených místech dochází k poškození nebo úplné destrukci textilie. Příčinou jsou enzymy, které škůdci produkují a vylučují k zajištění vlastní potravy. Z pohledu biokoroze nejvyšší aktivitu vykazují plísňe. Důkazy napadení plísněmi se stávají jen těžko odstranitelné skvrny na textiliích. Aktivita plísně se razantně zvyšuje ve vlhkém, teplém prostředí. Princip antimikrobiálních úprav spočívá v nanesení vhodného prostředku, který usmrcuje, nebo potlačuje růst mikroorganismů. Antibakteriální úpravy se řadí mezi finální úpravy textilií do kategorie ochranných úprav [19].

#### **1.2.1.1 Fungicidní úprava**

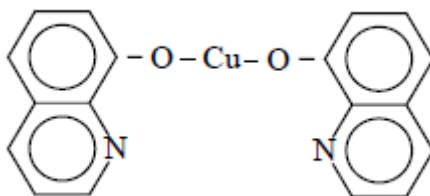
Úprava slouží jako ochrana proti nevyžádaným druhům mikroorganismů. Primární určení využití fungicidní úpravy je pro technické textilie. Kvalitní úpravu z řad ochranných finálních úprav lze provést jedním z následujících postupů [19]:

- povrstvení textilie hmotou zabraňující přístupu mikrobů, např. hydrofobizací (pasivní úprava);
- inaktivace celulóзовého nebo proteinového vlákna k mikroorganismům chemickou přeměnou (pasivní úprava);
- impregnace tkaniny pro plísňe a bakterie jedovatými látkami (aktivní úprava) [19].

### 1.2.1.1.1 Prostředky pro fungicidní úpravu

#### 1) Sloučeniny mědi a dalších kovů

Nejvýznamnější jsou nerozpustné měďnaté soli vyšších alifatických karboxylových kyselin, především 8 – oxychinolinát měďnatý (obr. 6):

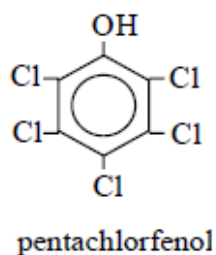
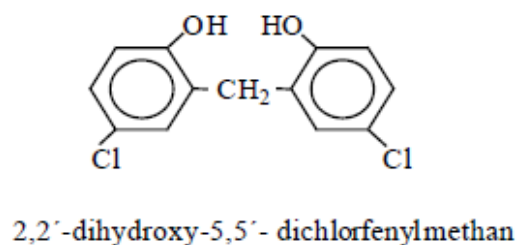
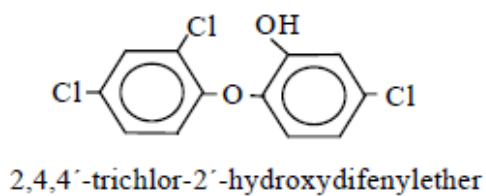


Obr. 6 8 – oxychinolinát měďnatý [19].

Mezi nevýhody této sloučeniny patří modrozelený odstín, snadná vypratelnost a všeobecná jedovatost. Prostředek zaručuje účinnou ochranu před kožními plísněmi. [19].

#### 2) Deriváty fenolů

Nejznámější a nejúčinnější produkty jsou (obr. 7) [19]:



Obr. 7 Deriváty fenolů [19].

### 1.2.1.1.2 Technologický postup

Preparáty na základě chlorovaných derivátů fenolů jsou anionaktivní, dobře rozpustné v alkáliích, avšak nerozpustné ve vodě. Aplikace se provádí z alkalického roztoku impregnací pokud možno v teplé lázni dvou nebo třílánovým způsobem. Po dostatečné impregnaci se textilie zpracovává bez mezisušení v lázni 5% CH<sub>3</sub>COOH nebo roztoku Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>. Po okyselení následuje odmačknutí zboží a krátké máchání. Závěrečnou operací je sušení [19].

### 1.2.1.1.3 Postup hodnocení fungicidních úprav

Základním principem zkoušky je určení poklesu pevnosti vzorku z testované upravené tkaniny po uložení v půdě, která je zásobárnou mikroorganismů. Příprava standardní zkušební půdy spočívá ve smísení stejných dílů písku, uleželé koňské mrvy a lesní listovky [19].

Z testované antibakteriálně upravené textilie se připraví vzorky – 20 kusů o rozměrech 25 x 4 cm. Vzorečky se vypárají na šířku 2,5 cm, následuje 48 hodin praní v tekoucí vodě. Po pracích cyklech se připravené vzorky usuší při teplotě 60 °C a rozdělí na dvě poloviny. V případě první poloviny se stanoví po 24 hodinách klimatizace průměrná pevnost. Druhá polovina se zahrabe do zkušební půdy. Po 14 dnech se na nečistotách, zbavených vzorcích měří pokles pevnosti a výpočtem se stanoví fungicidní číslo (obr. 8) [19]:

$$F\check{C} = \frac{\text{průměrná pevnost exponovaných vzorků}}{\text{průměrná pevnost srovnávacích vzorků}} \times 100$$

*Obr. 8 Vzorec pro výpočet fungicidního čísla [19].*

Čím je fungicidní číslo větší, tím je úprava kvalitnější a lépe odolává mikrobiologické korozi [19].

### 1.2.1.2 Hygienická úprava

Hygienická úprava je popisována jako úprava proti růstu a působení bakterií, kvasinek a plísní a následně jako úprava potlačující i bakteriální rozklad potu a jiných organických látek ulpívajících na vláknech během praktického používání. Úprava tedy nezvyšuje prodyšnost ani hydrofilitu syntetických vláken a s tím úzce související hygieničnost [19].

#### **1.2.1.2.1 Prostředky pro hygienickou úpravu**

Za velice účinné prostředky jsou označovány prostředky vyráběny na bázi kvarterních amoniových sloučenin např. alkyldimethylbenzylamonium halogenidů. Pro pokožku jsou relativně snesitelné, prakticky nevyvolávají alergickou reakci. Charakteristická pro tyto prostředky je rozpustnost ve vodě. Vzhledem ke své rozpustnosti ve vodě se snadno aplikují v závěrečné práci lázni. Stálost úpravy v praní už je podstatně horší [19].

#### **1.2.1.2.2 Technologický postup**

Uváděný typ klasického prostředku přípravku je jako ostatní zástupci kationaktivních přípravků substantivní k textilním materiálům. Aplikace může mít dva způsoby provedení. Prvnímu způsobu je přiřazen vytahovací postup z dlouhé lázně. Druhým způsobem je klocování na fuláru. Před nanášením je nezbytné zabezpečit odstranění zbytků z předchozích úprav, zejména prostředků kationaktivních, silikátů, fosfátů a dalších vícevalentních iontů, které mohou snižovat účinnost úpravy. Koncentrace prostředku se pohybuje v rozmezí 10 – 30 g.l<sup>-1</sup> při teplotě 30 – 50 °C. Po aplikaci se textilie suší [19].

#### **1.2.1.2.3 Postup hodnocení hygienických úprav**

Nejpoužívanější metoda k hodnocení hygienických úprav je založená na pozorování zastavení nebo snížení růstu zkušebních mikroorganismů naočkovaných na živnou půdu v Petriho miskách po vložení vzorků testované, upravené textilie [19].

### 1.2.1.3 Antibakteriální účinek stříbra

Stříbro (obr. 9), chemickou značkou Ag (lat. *Argentum*) je ušlechtilý kov bílé barvy. Protonové číslo 47. Ve srovnání s ostatními prvky vyniká vysokou elektrickou i tepelnou vodivostí. Po stránce mechanické a metalurgické je velmi dobře zpracovatelné. Charakteristická pro tento prvek je dobrá kujnost a zatékavost. I přes zařazení mezi drahé kovy, jež se obecně vyznačují chemickou stabilitou, je velmi dobře rozpustné v kyselině dusičné. Rozpustnost je dána především díky jeho silnému oxidačnímu charakteru. V přírodě se nejčastěji vyskytuje ve sloučeninách, v ojedinělých případech i jako ryzí kov. Téměř vždy se stříbro nachází jako příměs v ryzím zlatě. V lidském organismu je stříbro přítomno pouze ve stopových množstvích. Stříbro slouží jako součást různých slitin pro použití v oblastech elektronického průmyslu, výrobě CD a DVD nosičů. Oblíbeným materiálem se stříbro stalo i ve šperkařství. Sloučeniny Ag jsou důležitým prvkem pro fotografický průmysl [20].



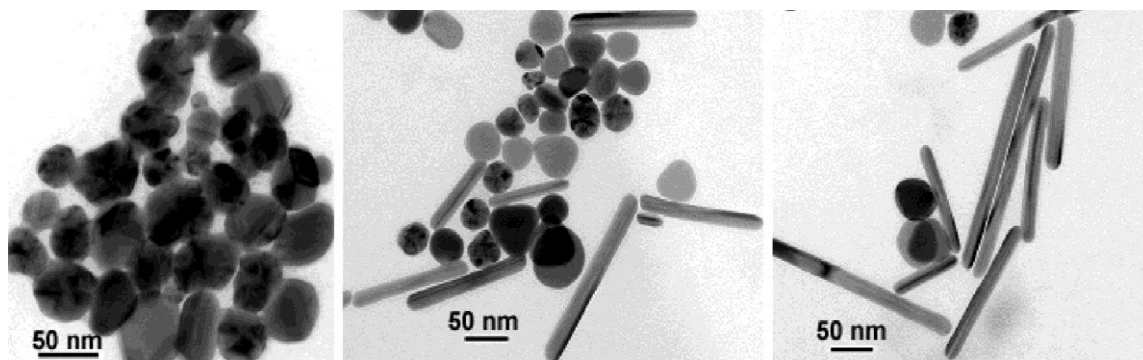
Obr. 9 Stříbro [21].

Historické záznamy dokazují, že Hippocrates využíval antibakteriálního účinku stříbra v prevenci proti nemocím. „Otec medicíny“ definoval stříbro, jako látku, která má blahodárné účinky při léčení různě závažných onemocnění [22]. V historii bylo stříbro díky svým vlastnostem využíváno na výrobu nádobí. Ze stříbra se vyráběly poháry, misky a příbory. Pitná voda se převážela ve stříbrných nádobách. Výrobou nádobí ze stříbra se staré kultury chránily proti přemnožení bakterií ve vodě a potravinách. Do obuvi se vkládaly stříbrné mince, které měly působit proti nepříjemnému zápachu [16]. V první světové válce se před příchodem antibiotik využívaly sloučeniny stříbra jako prevence proti infekcím. V dnešní době je použití stříbra a jeho biocidního účinku velmi aktuální téměř v každém průmyslu.

Mikročástice stříbra (obr. 10) jsou silné, netoxické antibakteriální látky, které se používají pro úpravu textilních a jiných materiálů. V praxi se rozlišují dva způsoby aplikace stříbra na textilii. Prvním způsobem je začlenění stříbrných iontů přímo do struktury polymeru. Druhý způsob aplikace spočívá v nanášení roztoku s obsahem stříbrných iontů přímo na vlákna – impregnace. Mikročástice Ag mají vysoký měrný povrch a vysoký podíl povrchových atomů. Proto vykazují antibakteriální aktivitu i v malých koncentracích – oligodynamický efekt. Pro jisté druhy mikroorganismů stačí jen jedna miliardtina gramu stříbra, aby přerušila nejdůležitější životně významné funkce v těle mikroorganismu. Stříbrné částice v suchém prostředí nereagují. V okamžiku, kdy je poskytnuto vodné médium, rozpustí se a probíhá reakce. Například dusičnan stříbrný je snadno rozpustný ve vodě a bývá využíván jako desinfekční prostředek. To znamená, že stříbro vykazuje antibakteriální účinek v přítomnosti vody. Antibakteriální aktivitu vykazují pouze kladně nabitě ionty  $\text{Ag}^+$  [23].

Ionty reagují s thiolovou skupinou v životně důležitých enzymech bakterie a naruší ji, nebo vzájemně spolupracuje s DNA, což způsobuje inhibici respiračních procesů. Přerušování syntézy buněčné stěny vyúsťuje ke ztrátě základních živin [23].

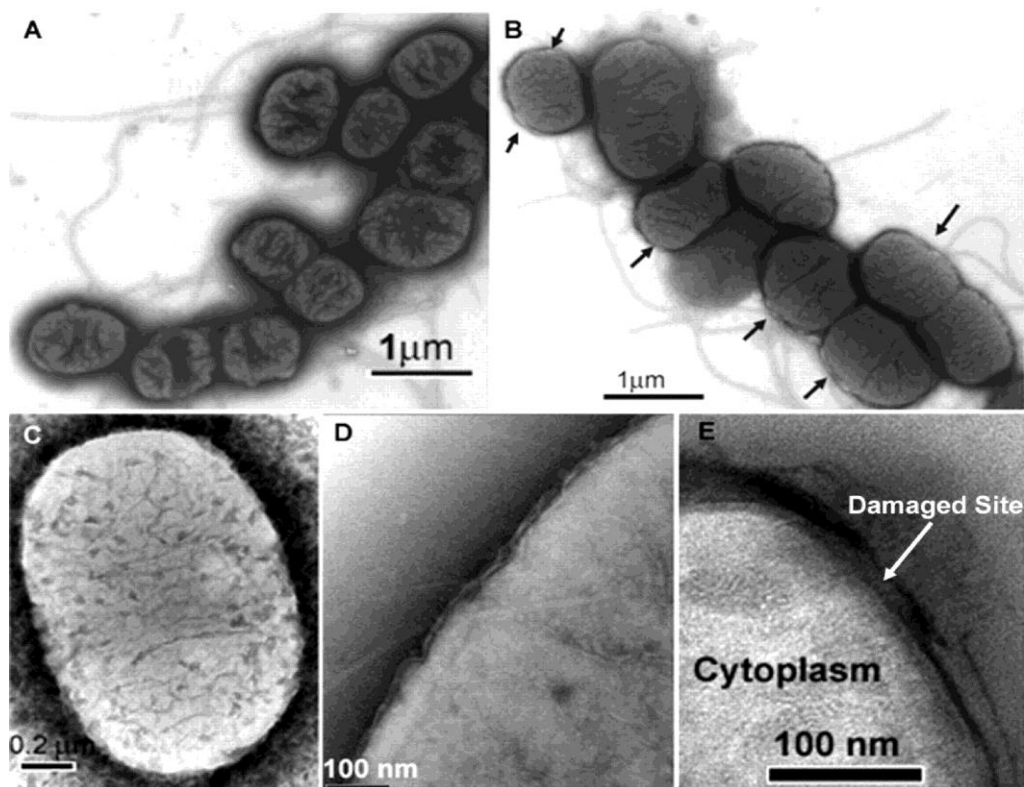
Výsledný antibakteriální účinek iontů stříbra se projevuje pouze v případě jednobuněčných individuů, jež mají své vlastní enzymy, které zajišťují metabolismus. Mikročástice stříbra působí na bakterie a viry tím, že jim zabrání v buněčném dýchání – nedochází k látkové výměně. Pokud dojde u mikroorganismů, konkrétně bakterií, k potlačení látkové výměny, do několika málo minut se po kontaktu se stříbrem udusí [24].



*Obr. 10 Mikročástice stříbra [25].*



Na obr. 11 je zobrazen zvětšený snímek buňky *Escherichia coli* a jejího následného ošetření stříbrnými nanočásticemi. (A) Neléčená buňka *Escherichia coli*, na které může být viděna flagella (bičík vyčnívající z těla buňky, který slouží k pohybu buněk). (B) *E. coli* pěstovaná s  $\text{Ag}^+$  na agarové plotně. Šipky ukazují částečné poškození buněčné membrány. Tyto buňky jsou stále životaschopné. (C) *E. coli* léčená stříbrnými nanodeštičkami trojúhelníkového tvaru. Nanočástice stříbra se na tomto snímku jeví jako tmavé jamky na povrchu buňky. (D) *E. coli* léčená nanočásticemi stříbra kulovitěho tvaru. (E) Zvětšený obrázek znázorňující poškození buněčné membrány. Membrána je poškozena na několika místech [25].



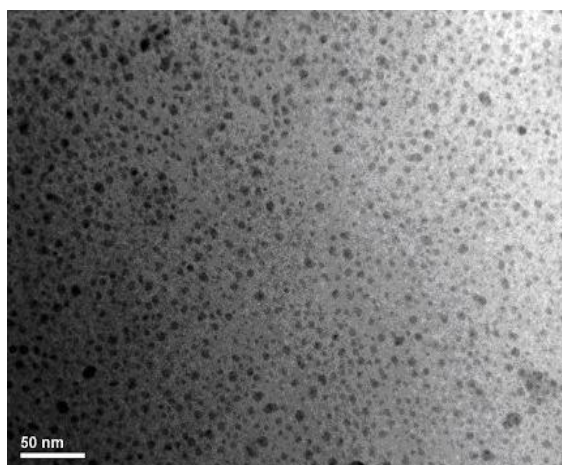
Obr. 11 Buňka *Escherichia Coli* ošetřená nanočásticemi stříbra [25].

### 1.2.1.3.1 Koloidní stříbro

Původem slova koloid je řecké slovo „kolla“. V roce 1861 se Thomas Graham zabýval studií rychlosti difúze látek přes pergamenovou membránu. Skupinu látek, která se svým chováním podobala klišu, označil jako koloid. Wilhelm Ostwald v roce 1906 dospěl k závěru, že koloidní vlastnosti nevykazuje určitá skupina látek, ale že do koloidního stavu je možné teoreticky uvést kteroukoliv látku [26].

Koloidní roztok je disperzní soustava obsahující velejemné částice, u kterých se velikost pohybuje v rozmezí 1 nm až 1000 nm. Jedná se o stav přechodu mezi pravým roztokem a suspenzí, kdy velikost je tak malá, že elektrické a jiné síly, které je udržují v disperzním médiu, jsou silnější, než gravitační síly nutící je usazovat se. Usazení koloidních částic se uskutečňuje při zvýšení teploty nebo při kontaktu s elektrolyty, kdy koloidní částice ztrácející své elektrostatické náboje [27]. Koloidy jsou všudypřítomné. Velice aktuální je nanotechnologie, jejíž základy vycházejí z koloidní chemie [26].

Koloidní stříbro je suspenze mikročástic (obr. 12) ryzího stříbra, která je rovnoměrně rozptýlena ve vodním prostředí (nosiči). Charakteristické pro koloidní roztok stříbra je to, že ponechává všechny důležité fyzikální vlastnosti nosiče – bod tuhnutí, bod varu, objem, pnutí, odpor apod. Stříbrný koloid likviduje pouze jednobuněčné organismy, nikoliv vícebuněčné parazity, i když ani k těm se nechová přátelsky. Atomy stříbrné suspenze snadno projdou membránou buňky mikroorganismu a chemicky dezaktivují enzym mikrobu. Koloidní stříbro vykazuje nejlepší desinfekční účinky proti mikrobům, virům, plísním a kvasinkám. V přiměřeném množství posiluje imunitní systém a pomáhá regeneraci buněk [28].



*Obr. 12 Velikost nanočástic stříbra v koloidním roztoku stříbra [29].*

### 1.2.1.3.1.1 Výroba koloidního stříbra

Výroba koloidního stříbra (obr. 13) je realizována speciální elektrolýzou z destilované vody (Aqua Purificata) s pomocí speciálního pulzního přístroje. Na přístroji jsou umístěny válcové tyčky z ryzího stříbra, a ty v destilované vodě vyrábějí koloidy. Koloidní stříbro se skladuje v tmavé skleněné nádobě chráněné před světlem při pokojové teplotě (ne v lednici), v dostatečné vzdálenosti od zdrojů magnetického pole (televizor, mikrovlnná trouba, počítač aj.) Při uložení na teplém místě nad 10°C a při zamezení slunečního světla vydrží koloidní stříbro několik měsíců.

Kvalitu a sytost koloidního stříbra je možné ověřit pomocí laserového ukazovátka. Laserový paprsek je nasvícením ve sklenici vidět jako červená čára. Čím silnější je tato čára, tím je i silnější koncentrace koloidního stříbra. Milióny stříbrných koloidních částic tak odrážejí laserový paprsek a ten je takto (na rozdíl od čisté vody) viditelný.

Koloidní stříbro je čirá tekutina nebo lehce do zlatova zbarvená tekutina. Chuť koloidního stříbra je „kovová“ [31].



*Obr. 13 Aparatura pro výrobu koloidního stříbra [32].*

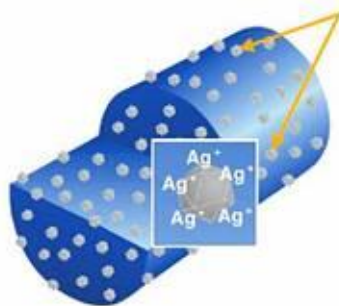
### 1.2.1.3.2 Způsoby aplikace antibakteriálních prostředků na bázi Ag

V praxi se uplatňují tři způsoby aplikace antibakteriálních prostředků na bázi Ag:

- Navázání aktivního činidla do vlákna a na jeho povrch. Aktivní úprava.
- Kovové ionty jsou umístěny na vhodný nosič. V této podobě jsou pevně vázané do polymerní matice. Aktivní úprava.
- Desinfekční činidlo se aplikuje na povrch textilie – impregnace. Pasivní úprava [33].

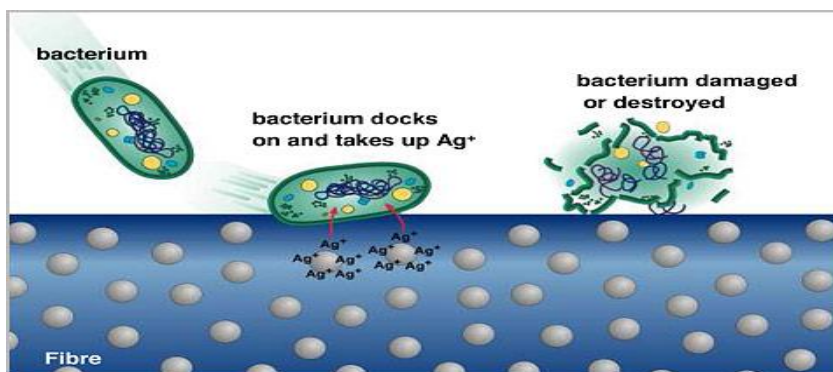
#### 1.2.1.3.2.1 Trevira Bioactive®

Trevira Bioactive® jsou polyesterová, antibakteriálně upravená vlákna. Ve vláknech Trevira Bioactive® je antimikrobiální prostředek na bázi stříbra. Aktivní činidlo – ionty stříbra, jsou pevně zakotveny v polymeru vlákna (obr. 14). Stříbro funguje na povrchu vlákna a nemigruje do okolního prostředí [38].



Obr. 14 Ionty stříbra vpravené do polymeru vlákna [38].

Bakteriím, jež přijdou do přímého kontaktu s antimikrobiálně upravenou textilií, zakotvené ionty stříbra přeruší životně důležité funkce. Ionty stříbra brání bakteriím v další možné reprodukci. Na obr. 15 je znázorněn princip fungování vláken Trevira Bioactive® [38].



Obr. 15 Antimikrobiální účinek stříbra vpraveného do polymeru vlákna [38].

Nejdůležitějšími vlastnostmi pro vlákna Trevira Bioactive® jsou vysoká ochrana proti bakteriím množícím se v extrémních situacích, zabránění tvorbě nepřímých pachů, ochrana proti choroboplodným zárodkům, ochrana proti změnám barvy tkaniny (nekontrolované množení bakterií může vést až ke změnám barevného odstínu) a snížení nebezpečí alergií. Jako další vlastnosti lze uvést nehořlavost, vysokou prodyšnost, odolnost, jemnost a snadnou údržbu. Trevira Bioactive® nebo její směs se používá na výrobu domácího textilu (záclony, závěsy, lůžkoviny aj.), funkční textil (sportovní oděvy, svrchní oděvy aj.), technické textilie, netkané textilie a textilie pro automobilový průmysl [38]. Ukázka výrobků z vláken Trevira Bioactive® je na obr. 16.

Vlákna Trevira Bioactive® neobsahují chemické látky na bázi chlorfenolu ve vláknech, ani na něm. Biocidní účinky se neuvolňují z vláken a neznečišťují tím životní prostředí ani zdraví spotřebitelů. Trevira Bioactive® je ekologicky uznávaná [38].

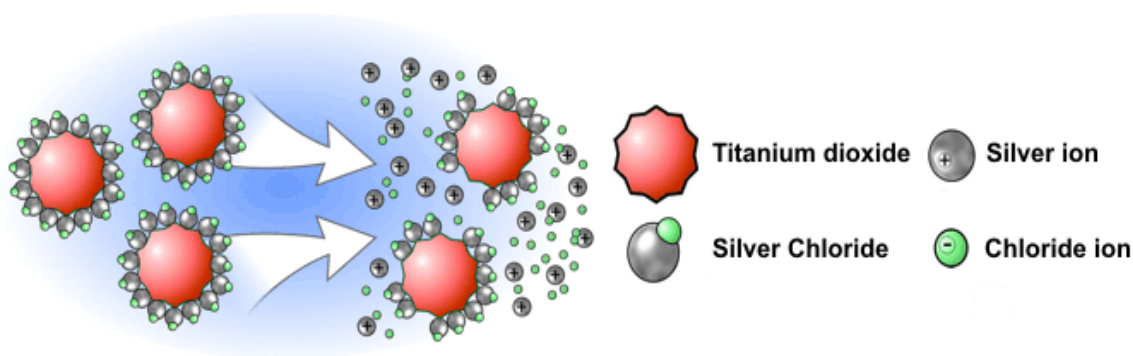


*Obr. 16 Ukázka výrobků z vláken Trevira Bioactive® [38],[39].*

#### 1.2.1.3.2.2 Impregnační prostředek SILERPLUS® protection

Produkt SILERPLUS® protection je výrobkem německé firmy Rudolf GmbH. Prostředek SILERPLUS® protection se používá k impregnování textilií. Proces impregnace se řadí k dokončovacím úpravám. SILERPLUS® protection působí antibakteriálním účinkem stříbra. Účinek prostředku zajišťuje oxid titaničitý, který je nositelem aktivní složky - chloridu stříbrného. Obr. 17 ukazuje rovnováhu oxidu titaničitého, chloridu stříbrného a iontů stříbra s antibakteriálním účinkem ve vlhkém prostředí. Impregnace SILERPLUS® protection je účinná, již v malém množství. Již jedna miliardtina iontů stříbra může výrazně inhibovat růst bakterií. Jedná se, o pasivní úpravu. Prostředek nevykazuje toxicitu vůči lidské pokožce. SILERPLUS® protection je možné aplikovat téměř na všechny druhy oděvů [39].

Výrobky od firmy Rudolf GmbH neobsahují žádné těžké kovy, pesticidy, dichromany draselné ani sírany měďnaté. K životnímu prostředí je prostředek SILERPLUS® protection šetrný [39].



*Obr. 17 Rovnováha oxidu titaničitého, chloridu stříbrného a iontů stříbra s antibakteriálním účinkem ve vlhkém prostředí [39].*



### 1.3 Hodnocení antibakteriálních úprav

Metody zjišťování a hodnocení antibakteriálního účinku na antibakteriálně upravených textilních výrobcích jsou podrobně popsány v technických normách.

#### 1.3.1 ČSN EN ISO 20743 (800068)

Mezinárodní norma ČSN EN ISO 20743 (800068), celým názvem: Textilie – Zjišťování antibakteriálního účinku antibakteriálně upravených výrobků stanovuje kvantitativní metody zkoušení ke zjišťování antibakteriálního účinku antibakteriálně upravených textilních výrobků včetně netkaných textilií. V normě jsou popsány tři metody zjišťování antibakteriálního účinku [40]. Ve všech případech testovacích metod jsou použity kmeny bakterií *Staphylococcus aureus* a *Klebsiella pneumoniae*.

##### a) absorpční metoda

Vyhodnocovací metoda, při které je testovací suspenze naočkována přímo na vzorky [40]. Kultivaci vzorků je možné provést třemi způsoby – ze skladovacího kontejneru jsou odebrány zásobní kmeny bakterií, namíchání v Erlenmeyerově baňce a nanesení na živnou půdu, nebo jen samotné namíchání v Erlenmeyerově baňce. Kultivace by měla být prováděna při teplotě  $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , doba kultivace se pohybuje v rozmezí 3 – 48 hodin. Hmotnost zkušebních vzorků se pohybuje v rozmezí  $0,40\text{g} \pm 0,05\text{g}$ . Připraví se šest antibakteriálně upravených vzorků a uzavřou se do vialek. Vialky (obr. 18) jsou skleněné nádoby o objemu 30 ml, se šroubovým uzávěrem s polytetrafluorethylenovým nebo silikonovým těsněním a víčkem z polypropylenu, polykarbonátu nebo jiného vhodného materiálu). Nádoby s naočkovanými materiály se protřepu a nechají se kultivovat po dobu 18 – 24 hodin. Počet bakterií se zjistí z koncentrace bakterií a vypočítá podle vzorce [41]:

$$M = c_B \times 20$$

kde

$M$  = počet bakterií v jednom vzorku;

$c_B$  = koncentrace bakterií;

20 = objem roztoku pro vytřepání, uvedený v mililitrech [41].

V případě, že zkouška byla vyhodnocena jako efektivní, se zjistí hodnota antibakteriálního účinku podle vzorce:

$$A = (\lg C_t - \lg C_o) - (\lg T_t - \lg T_o) = F - G$$

kde

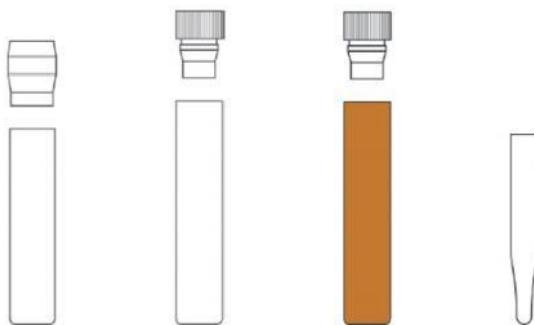
A = hodnota antibakteriálního účinku;

$\lg C_t$  = průměrný dekadický logaritmus počtu bakterií, zjištěný u tří zkušebních vzorků kontrolní textilie po kultivaci 18h až 24 h;

$\lg C_o$  = průměrný dekadický logaritmus počtu bakterií, zjištěný u tří zkušebních vzorků kontrolní textilie ihned po naočkování;

F = hodnota růst u kontrolní textilie ( $F = \lg C_t - \lg C_o$ );

G = hodnota růstu u antibakteriálně upraveného vzorku ( $G = \lg T_t - \lg T_o$ ) [41].



*Obr. 18 Vialky [42].*

### **b) přenosová metoda**

Vyhodnocovací metoda, při které jsou zkušební bakterie umístěny na agarovou plotnu a přeneseny na vzorky [40]. Kultivace se provádí tak, že se inokulační kličkou odebere kmen a rozetře se na plotnu TSA (agar trypton - sója). Kultivace probíhá při teplotě  $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  po dobu 18 – 24 hodin. Po napěstování se z plotny vyočkují kolonie a opět se nanese na plotnu TSA. Druhým přenosem se tvoří pracovní kultury. Kultura mikrobů se připraví odebráním kolonie z druhého přenosu, následným umístěním do roztoku pepton – sůl, promícháním ve Vortex mixeru (obr. 19) a upravením na stanovenou koncentraci [41].



Výsledný počet bakterií je možné ověřit metodou počítání kolonií podle následujícího vzorce [41]:

$$c_B = Z \times R$$

kde

$c_B$  = koncentrace bakterií v koloniích tvořící jednotky na mililitr (CFU/ml);

$Z$  = průměrná hodnota tvořící jednotky (CFU) ve dvou Petriho miskách;

$R$  = stupeň ředění [41].



*Obr. 19 Vortex mixer Combi-Spin PCV-2400 [43].*

Vystříhnou se zkušební vzorky o průměru 3,8 cm. Nastříhané vzorky nesmí mít žádné švy, pevné okraje, ozdoby a spojovací prvky. Přesný počet vzorků není stanovený, měl by se ale zvolit tak, aby mohly být prováděny opakované zkoušky. Před naočkováním může být provedena sterilizace v autoklávu, nebo jinou, vhodně zvolenou metodou. Očkuje se na 12 agarových ploten. Na každou z nich se nanese 1 ml inokula. Plotny se naklánějí ve všech směrech, aby došlo k úplnému pokrytí plotny. Po odstranění přebytečné tekutiny se připraví tři zkušební vzorky kontrolních textilií a tři antibakteriálně upravené zkušební vzorky ihned po kultivaci. Vzorky se položí na plotnu naočkovanou stranou nahoru. Kultivuje se ve vlhké komůrce po dobu 18 – 24 hodin a teplotě  $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Po přenosu se vzorky umístí do vialk s obsahem 20 ml neutralizačního roztoku a vytřepají se. Po kultivaci se provádí stejný způsob vytřepávání.

Počet bakterií je možné vypočítat ze vzorce [41]:

$$M = c_B \times 20$$

kde

M = počet bakterií v jednom vzorku;

$c_B$  = koncentrace bakterií;

20 = objem roztoku pro vytřepání, uvedený v mililitrech [41].

Účinnost zkoušky se hodnotí výpočtem ze vzorce:

$$F = (\lg C_t - \lg C_o)$$

kde

F = hodnota růstu u kontrolní textilie;

$\lg C_t$  = průměrný dekadický logaritmus počtu bakterií, zjištěné u tří zkušebních vzorků kontrolní textilie po kultivaci 18 – 21 hodin;

$\lg C_o$  = dekadický logaritmus počtu bakterií, zjištěný u tří zkušebních vzorků kontrolní textilie ihned po naočkování [41].

V případě efektivního výsledku zkoušky se hodnota antibakteriálního účinku vypočítá podle vzorce [41]:

$$A = (\lg C_t - \lg C_o) - (\lg T_t - \lg T_o) = F - G$$

kde

A = hodnota antibakteriálního účinku;

F = hodnota růstu u kontrolní textilie ( $F = \lg C_t - \lg C_o$ );

G = hodnota růstu u antibakteriálně upraveného vzorku ( $G = \lg T_t - \lg T_o$ ) [41].

### **c) otisková metoda**

Vyhodnocovací metoda, při které jsou zkušební bakterie umístěny na filtr a otisknuty na vzorky [40]. Kultivaci vzorků je možné provést třemi způsoby – ze skladovacího kontejneru jsou odebrány zásobní kmeny bakterií, namíchání

v Erlenmeyerově baňce a nanesení na živnou půdu, nebo jen samotné namíchání v Erlenmeyerově baňce. Kultivace by měla být prováděna při teplotě  $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , doba kultivace se pohybuje v rozmezí 1 – 48 hodin. Inokulum se připraví pomocí živného bujonu, který byl dvacetinásobně zředěn vodou o teplotě místnosti. Inokulum se připraví na stanovenou koncentraci. Pro testování otiskovou metodou je potřeba šest vzorků kontrolní textilie a šest antibakteriálně upravených textilií nastříhaných na čtverce o straně 60 mm. Při této metodě zjišťování je nutné provést sterilizaci. Sterilizace se provádí, na Petriho miskách, které jsou zabalené do hliníkové folie a sterilizují se v autoklávu. Teplota během sterilizace je  $121^{\circ}\text{C}$  a tlak je 103 kPa. Celková doba sterilizace je maximálně 20 minut. Po sterilizaci a odstranění folie se Petriho misky umístí na místo, kde není nebezpečí vzdušné kontaminace. Do filtračního přístroje, který také podstoupil sterilizaci, se vloží membránový filtr a umístí se na čistý pracovní stůl. Na filtr se odpipetuje živný zředěný bujon a přidá inokulum. Z filtračního přístroje se vyjme membránový film se shromážděnými bakteriemi a položí se na něj zkušební vzorek. Na takto připravený vzorek se umístí zatěžovací deska a bakterie na membránovém filmu se otiskují otáčením desky o  $180^{\circ}\text{C}$ . Po otisku se vzorky přenesou na Petriho misky obsahující agar a inkubují se po dobu 1 – 4 hodin. Po otisku následuje vytřepávání a posledním krokem je vytřepávání po kultivaci [41].

Počet bakterií se zjistí podle vzorce:

$$M = c_B \times 20$$

kde

$M$  = počet bakterií v jednom vzorku;

$c_B$  = koncentrace bakterií;

20 = objem roztoku pro vytřepání, uvedený v mililitrech [41].

Posouzení účinnosti zkoušky se provádí podle vzorce:

$$F = (\lg C_t - \lg C_o)$$

kde

$F$  = hodnota růstu u kontrolní textilie;

$\lg C_t$  = průměrný dekadický logaritmus počtu bakterií, zjištěné u tří zkušebních vzorků kontrolní textilie po kultivaci 18 – 21 hodin;

$\lg C_o$  = dekadický logaritmus počtu bakterií, zjištěný u tří zkušebních vzorků kontrolní textilie ihned po naočkování [41].

### 1.3.2 AATCC 100 – 2004

AATCC 100 – 2004: Antibacterial finishes on materials: Assessment of. Tato testovací metoda představuje kvantitativní metodu pro hodnocení úrovně antibakteriální aktivity. Hodnotí se podle stupně antibakteriální aktivity na antibakteriálně upravených materiálech. Jako zkušební bakteriální kmeny se používají *Staphylococcus aureus* a *Klebsiella pneumoniae*. Kultivačním prostředím testovací metody AATCC 100 – 2004 je živný bujon trypton – sója a mozko – srdeční infúzní roztok. Na test se nastříhají kruhové vzorky o průměru  $4,8 \pm 0,1$  cm. Navrství se do skleněné nádoby o objemu 250 ml se šroubovacím uzávěrem. Vrstva vzorků by měla absorbovat  $1 \pm 0,1$  ml, tak aby v nádobě nezůstal roztok. Kontrolní vzorky k tomuto pokusu jsou vzorky, které jsou ze stejného materiálu, ale nepodstoupily antibakteriální úpravu. Inokulum se před pipetováním protřepe a posléze se nanese na vzorky, které jsou umístěny, na Petriho miskách. Výsledkem se stává výpočet počtu bakterií na vzorku. Počítá se procentní snížení počtu bakterií na antimikrobiálně upraveném vzorku podle vzorce [44]:

$$100 \times (B - A) / B = R$$

kde

R = procento redukce;

A = počet bakterií získaných z inokulovaných upravených zkušebních vzorků v baňce;

B = počet bakterií získaných z inokulovaných upravených vzorků v baňce bezprostředně po inokulaci [44].

### 1.3.3 AATCC 147 - 2004

AATCC 147 – 2004: Antibacterial activity assessment of textile materials: parallel streak method. Metoda paralelních proužků je kvalitativní metoda stanovení antibakteriální účinnosti rozptýlených antimikrobiálních činidel na upraveném textilním materiálu. Testování pomocí paralelních proužků spočívá v inokulaci agarové půdy.

Snadněji se tak rozlišuje, mezi testovacími organismy a kontaminujícími organismy, které se mohou na vzorcích vyskytnout. Metoda poskytuje informace o antibakteriální účinnosti proti grampozitivním a gramnegativním bakteriím. Jako zkušební bakteriální kmeny se používají *Staphylococcus aureus* a *Klebsiella pneumoniae*. Kultivační prostřední se skládá ze živného bujonu – trypton – sója a mozko – srdečního infúzní roztok. Vzorky materiálu se nastříhají nebo vyrazí na raznici. Doporučená velikost obdélníkových vzorků je 25 x 50 mm. Sterilizovaný agar se rozdělí do Petriho misek a nechá se dostatečně zgelovatět. Připraví se inokulum z kultur mikroorganismů a to se promíchá. Použitím inokulační kličky se inokulum nanese na střed Petriho misky s agarovou půdou. Z inokula se vytvoří pět proužků, na které se přitlačí testovaný materiál. Materiál musí být v těsném kontaktu s naočkovanou agarovou půdou. Inkubuje se při teplotě  $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  po dobu 18 -24 hodin. Při vyhodnocení se zjišťuje přerušení růstu podél proužků inokula pod vzorkem a čisté zóny inhibice u okrajů. Průměrná šířka zóny inhibice se vypočítá z rovnice [45]:

$$W = (T - D) / 2$$

kde

W = šířka čisté zóny inhibice v mm;

T = celkový průměr testovaného vzorku a čisté zóny v mm;

D = průměr testovaného vzorku v mm [45].

Velikost zóny nelze chápat jako kvantitativní hodnocení antibakteriální úpravy. Upravené materiály je nutné srovnat s neupravenými materiály stejného složení. Pro tuto metodu lze použít standardní statistickou metodu – průměr [45].

## 2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Materiály byly vyprány podle doporučeného pracího postupu podle normy ČSN EN ISO 6330 (80 0821). Celkem bylo provedeno 40 cyklů praní. Po praní byly testovány změny antibakteriálních vlastností antibakteriálně upravených textilií. Změny antibakteriálních vlastností antibakteriálně upravených textilií byly testovány experimentem I: kvasícím procesem a experimentem II: testování metodou AATCC Method 100 - An American standart 1993. Experiment II byl proveden v laboratořích na katedře chemie TU v Liberci. Normovanou testovací metodu realizovala a vyhodnotila Mgr. Irena Šlamborová, Ph.D. Výsledky experimentu II jsou přiloženy v příloze A.

### 2.1 Popis materiálů

Antibakteriálně upravené textilie byly poskytnuty VÚB a.s., Ústí nad Orlicí. Výzkumný ústav bavlnářský je znám jako společnost s dlouholetými zkušenostmi v textilním průmyslu. Bavlněná textilie byla upravena impregnací SILVERPLUS® od firmy Rudolf GmbH. Impregnace byla provedena podle návodu použití.

#### **Vzorek A**

Označení: Vzorek A

Materiálové složení: 100% Bavlna

Antibakteriální úprava: Bez úpravy

Nosný materiál: Tkanina

Plošná hmotnost [g/m<sup>2</sup>]: 146

#### **Vzorek B**

Označení: Vzorek B

Materiálové složení: 60% Bavlna, 20% SeaCell active, 20% SeaCell pure

Antibakteriální úprava: Aktivní

Nosný materiál: Tkanina (režná)

Plošná hmotnost [g/m<sup>2</sup>]: 118

### **Vzorek C**

Označení: Vzorek C

Materiálové složení: 50% Bavlna, 50% Trevira Bioactive

Antibakteriální úprava: Aktivní

Nosný materiál: Tkanina

Plošná hmotnost [g/m<sup>2</sup>]: 158

### **Vzorek D**

Označení: Vzorek D

Materiálové složení: 50% Bavlna, 30% Smartcell sensitive, SeaCell pure

Antibakteriální úprava: Aktivní

Nosný materiál: Pletenina

Plošná hmotnost [g/m<sup>2</sup>]: 146

### **Vzorek E**

Označení: Vzorek E

Materiálové složení: 100% Bavlna

Antibakteriální úprava: Pasivní

Nosný materiál: Tkanina

Plošná hmotnost [g/m<sup>2</sup>]: 146

Poznámka: Materiál byl naimpregnován antibakteriálním prostředkem SILVERPLUS<sup>®</sup> protection od firmy Rudolf GmbH.

### **Impregnační prostředek SILVERPLUS<sup>®</sup> protection (1 sáček)**

Složení: chlorid stříbrný

Aplikace: Textilie se nejprve vypere. Obsah sáčku se smíchá s 250 ml studené vody, a celý objem se nalije do zásobníku pračky. Zvolí se vhodný máchací program (studený) s maximální rychlostí 600 ot./min. Impregnování probíhá během máchání.

Objem: 20 ml

Dávkování: Obsah sáčku je urče pro 5 kg textilie.

Výrobce: Rudolf GmbH, P.O. Box 749, 82532 Geretsried, Germany

### 2.1.1 Postup praní

Praní bylo prováděno podle pracího postupu uvedeného v normě ČSN EN ISO 6330 (80 0821). Odchyly od doporučeného postupu jsou popsány.

Zkušební vzorky byly prány v automatické pračce Whirpool AWO/D 43109 s vodorovným otáčivým bubnem s plněním zepředu. Na automatické pračce byl zvolen prací program „syntetika“. Výrobce uvádí, že tento program je vhodný pro běžně znečištěné textilie z polyesteru, polyamidu nebo směsových bavlněných tkanin. Teplota prací lázně byla 40°C. Délka programu byla 1 hodina 15 minut. Objem lázně 45 l. Tvrdost vody je 0,72 milimol/litr, tzn. měkká voda. Celková hmotnost suchých vzorků byla 321, 94g. Vzorky byly váženy na vahách značky KERN EMB 200-2, maximální nosnost 200g, možná odchylka 0,01g. Jako detergent byl zvolen Ariel od firmy Procter & Gamble. Hmotnost pracího prostředku byla vypočítána v závislosti na hmotnosti suchých vzorků. Celková hmotnost prášku byla 15,5g. Sušení probíhalo podle normovaného postupu ve vodorovné poloze v rozprostřeném stavu [34].

Celkem bylo provedeno 40 pracích cyklů. U všech cyklů probíhal stejný postup praní. V experimentální části jsou cykly praní označovány jako čísla za označeními vzorků.

#### **Prací prostředek ARIEL complete 7 (1 balení)**

Složení (opsáno z obalu):     15 – 30% kyslíková bělicí činidla  
   5 – 15% aniontové povrchově aktivní látky  
   < 5% kationové a neiontové povrchově aktivní látky  
   fosfáty (< 0,5% fosfor)  
   fosfonáty  
   polykarboxyláty  
   mýdlo  
   zeolity  
   optické zjasňovače  
   enzymy  
   parfémy  
   Butylphenyl Methylpropional  
   Hexyl Cinnamal

Hmotnost: 400 g

Výrobce: Procter & Gamble s.r.o., Ottova 402, 269 32 Rakovník



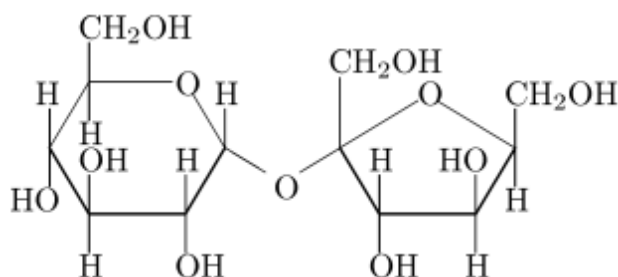
## 2.2 Experiment I: Testování antibakteriálních vlastností kvasíciím procesem

Fermentace je přeměna látky za přítomnosti mikrobiálních enzymů, při němž probíhají v důsledku metabolické aktivity mikroorganismů chemické přeměny organických látek, obvykle sacharidů a vznikají látky energeticky chudší, nebo se nové látky syntetizují. Klíčovým cukrem přeměny sacharidů je glukosa [35].

Během procesu fermentace kvasinky přeměňují jednoduché cukry (glukosa, fruktosa) na ethanol (alkohol) a  $\text{CO}_2$  (oxid uhličitý), který uchází do okolního vzduchu. Princip experimentu je založen na sledování množství oxidu uhličitého, které se uvolní při testu a odpovídá aktivitě kvasinek [24].

Chemický vzorec fermentace [36]:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (cukr)  $\rightarrow$  2  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (alkohol) + 2  $\text{CO}_2$  (oxid uhličitý) + teplo

Ve vlastním experimentu byla použita sacharosa (obr. 20) kvůli její běžné dostupnosti [20].



Obr. 20 Sacharosa [37].

### 2.2.1 Podrobný popis experimentu

Aparatura pro kvasící proces je sestavena z větší zkumavky, do které je nalit testovaný roztok o objemu 50 ml. Testovaný roztok je namíchán ze „zásobního roztoku kvasinek“ a roztoku živné soli (2 sáčky na 500 ml  $\text{H}_2\text{O}$ ). Stejným množstvím testovaného roztoku je naplněna i druhá zkumavka. Následuje uzavření zkumavek kvasnou zátkou. V kvasné zátce je vyvrtán otvor, ve kterém je umístěn jeden konec hadičky. Dalším prvkem aparatury jsou pipety se zataveným koncem. Do každé z pipet je odměřeno 20 ml kyseliny sírové o koncentraci 20 g/l. Do pipet, jež jsou naplněny kyselinou sírovou, jsou zasunuty konce obou hadiček, které vedou z kvasné zátky. Konce s hadičkami jsou ponořeny do kádinky, kde je nalito 100 ml kyseliny sírové o

koncentraci 20g/l. Je důležité, aby konce pipet s hadičkami byly zcela ponořené v kyselině sírové. Kyselina sírová se v aparatuře využívá z důvodu omezení rozpustnosti oxidu uhličitého ve vodě [24].

Při ponořování pipet s hadičkami do kádinky se 100 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  se musí dbát na to, aby došlo k minimálnímu úniku definovaného množství zředěné kyseliny sírové z pipet. Důvodem je zamezení přístupu kyslíku [24].

Během kvasícího procesu se glukosa začne přeměňovat na etanol a oxid uhličitý. Oxid uhličitý uniká hadičkami a začne vytlačovat kyselinu sírovou z pipet do kádinky. Objem unikajícího oxidu uhličitého, od konců zaslepených pipet se odměřuje v ml (podle stupnice na pipetě) [24].

### 2.2.1.1 Příprava zásobního roztoku kvasinek

Zásobní roztok kvasinek (obr. 21) se připravil z roztoku cukru a 1 sáčku suchých granulovaných kultur kvasinek „VÍNKA“. Roztok cukru byl namíchán z 50g krupicového cukru rozpuštěných v 200 ml  $\text{H}_2\text{O}$ . Do roztoku cukru se přisypal obsah sáčku kvasinek, vše se smíchalo a uzavřelo do Erlenmayerovy baňky. Takto namíchaný zásobní roztok kvasinek se ponechá 95 hodin stát při optimální teplotě 22°C. U všech experimentů následoval stejný postup zakvašení [24].



*Obr. 21 Příprava zásobního roztoku kvasinek.*

### 2.2.1.2 Chemikálie použité při experimentu:

#### **Sušené kultury vinných kvasinek – hlubokoprokvášející (1 sáček)**

Obsah: granulované kultury vinných kvasinek hlubokoprokvášejících

Hmotnost: 0,6 g

Výrobce: FRUTANA spol. s.r.o., Fügnerova 306, 388 01 Blatná [24].

#### **Živná sůl (1 sáček)**

Složení: fosforečnan amonný, dusičnan draselný

Hmotnost: 1,6 g

Výrobce: FRUTANA spol. s.r.o., Fügnerova 306, 388 01 Blatná [24].

#### **Sacharosa**

Složení: disacharid

Vzorec:  $C_{12}H_{22}O_{11}$

Vlastnosti: krystalická látka bílé barvy, rozpustná ve vodě, bez zápachu, sladká chuť [24].

#### **Kyselina sírová koncentrace 96%**

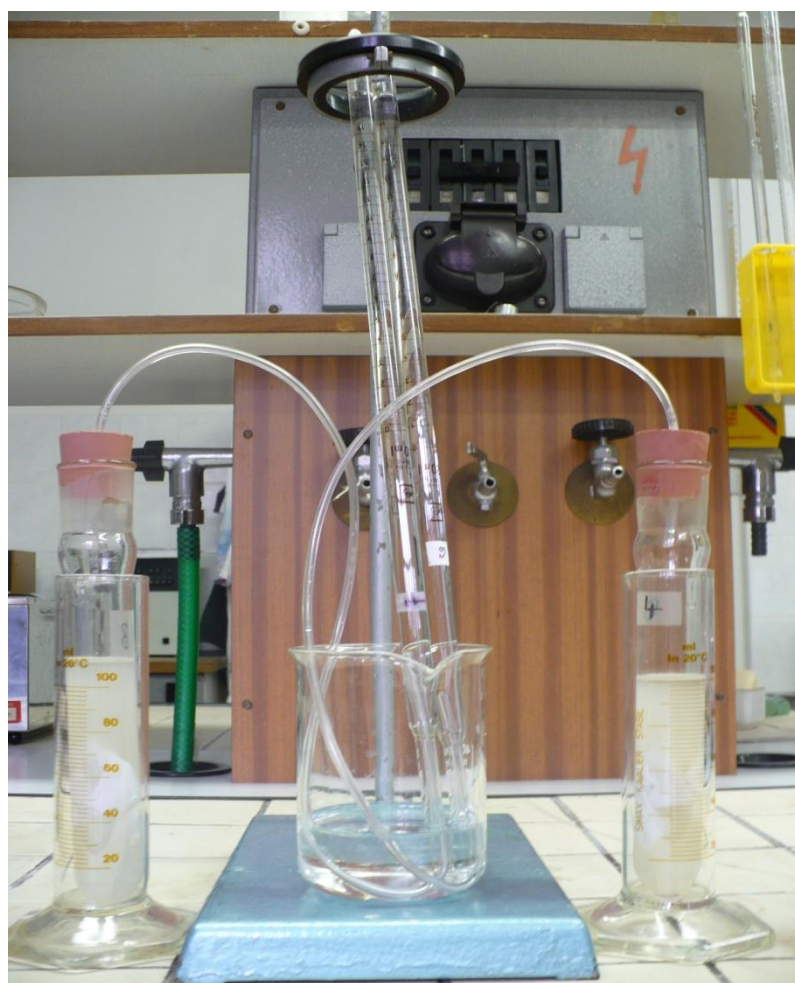
Vlastnosti: silná dvojsytná kyselina, bezbarvá, žíravina

Hustota:  $\rho = 1,84 \text{ g.cm}^{-3}$

Výrobce: Lachema a.s., Neratovice [24].

### 2.2.1.3 Laboratorní pomůcky sestavené aparatury pro kvasící proces

- 2 x stojany
- 4 x zkumavky o objemu 50 ml
- 4 x provrtané kvasné zátky se zavedenými hadičkami
- 4 pipety o objemu 20 ml zaslepené z jedné strany
- 2 x kádinky o objemu 300 ml [24]



*Obr. 22 Aparatura pro kvasící proces.*



*Obr. 23 Měření množství úniku  $\text{CO}_2$ .*

## 2.3 Experiment I: se vzorkem A (100% Bavlna bez antibakteriální úpravy)

**Cíl experimentu:** Experiment se slepým vzorkem; slouží k relativnímu porovnání s antibakteriálně upravenými materiály.

**Doba zákvasu:** 95 hodin

**Roztok:** 45 ml „zásobního roztoku kvasinek“ + 5 ml roztoku živné soli

**Obsah jednotlivých objemů:**

$V_1$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku A

**Trvání fermentace:** 200 minut

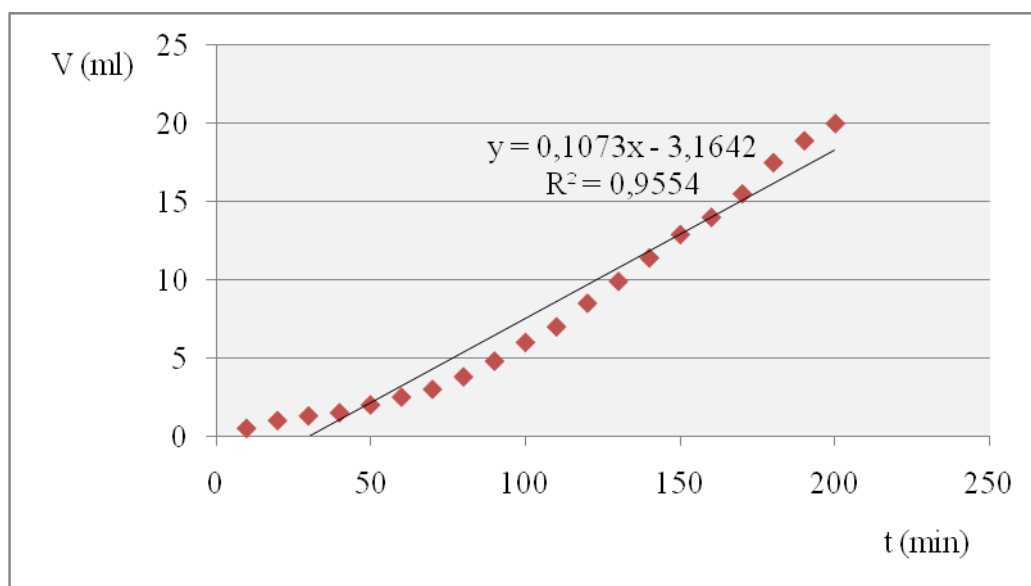
**Rozsah hodnot na pipetách:** od 20 – 0 ml

### 2.3.1 Výsledek experimentu

Tab. 1 Závislost objemu  $V$  (ml) na čase  $t$  (min).

$t$ (min)	$V_1$
10	0,5
20	1
30	1,3
40	1,5
50	2
60	2,5
70	3
80	3,8
90	4,8
100	6
110	7
120	8,5
130	9,9
140	11,4
150	12,9

<b>t (min)</b>	<b>V<sub>1</sub></b>
160	14
170	15,5
180	17,5
190	18,9
200	20



*Graf 1 Množství úniku CO<sub>2</sub>.*

*Tab. 2 Výsledky lineární regrese.*

<b>Směrnice regresní přímky</b>	<b>Korelační koeficient</b>
0,1073	0,977439

## 2.4 Experiment I: se vzorkem B (60% Bavlna, 20% SeaCell active, 20% SeaCell pure)

**Cíl experimentu:** Porovnat, jak násobné praní ovlivňuje vlastnosti antibakteriální úpravy na antibakteriálně upravených textiliích.

**Doba zákvasu:** 95 hodin

**Roztok:** 45 ml „zásobního roztoku kvasinek“ + 5 ml roztoku živné soli

**Obsah jednotlivých objemů:**

$V_1$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku B0

$V_2$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku B1

$V_3$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku B25

$V_4$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku B40

**Trvání fermentace:** pokusy proběhly v rozmezí 120. a 230. minuty

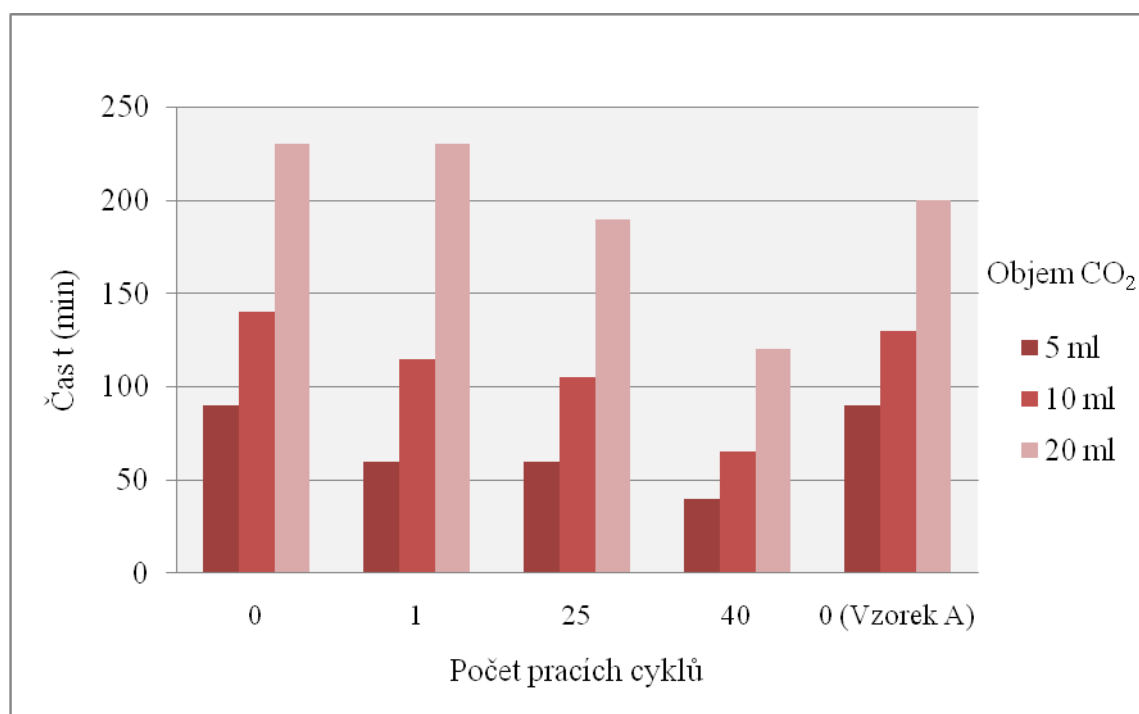
**Rozsah hodnot na pipetách:** od 20 – 0 ml

### 2.4.1 Výsledek experimentu

Tab. 3 Závislost objemu  $V$  (ml) na čase  $t$  (min).

$t$ (min)	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$
10	0,7	0,3	0,5	0,5
20	0,8	0,7	1,1	0,8
30	1,2	1,5	2,2	3
40	1,5	3	2,8	4,9
50	2,5	4,5	4	7,5
60	3	5	5	9
70	3,5	6	6	10,8
80	4,2	6,9	7	12,5
90	5	8	8,2	14,7
100	6	8,7	9,5	16,5
110	6,7	9,3	10,5	18,5
120	8	10,5	12,2	20

<b>t (min)</b>	<b>V<sub>1</sub></b>	<b>V<sub>2</sub></b>	<b>V<sub>3</sub></b>	<b>V<sub>4</sub></b>
130	9	11,2	13	
140	10,3	12	14,5	
150	11,5	13	15,8	
160	12,5	14	16,9	
170	14	15	18,1	
180	15,2	15,9	19,6	
190	16,5	16,8	19,6	
200	17,3	17,8	20	
210	18,1	18,8		
220	19	19,5		
230	20	20		

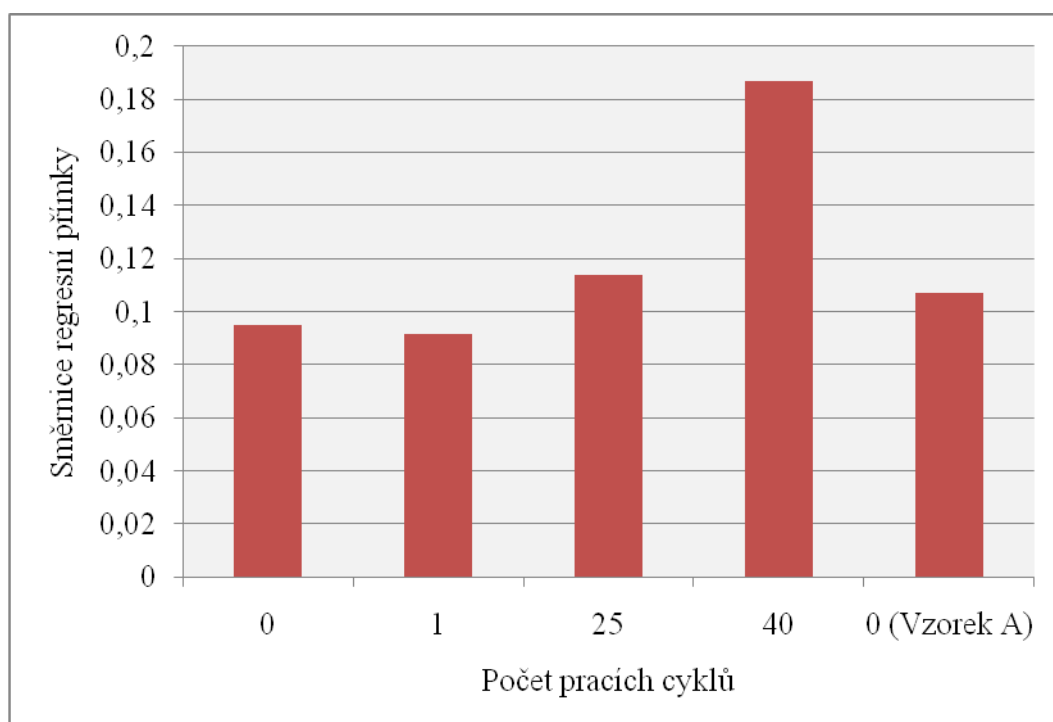


*Graf 2 Závislost rychlosti fermentace na počtu pracích cyklů.*



Tab. 4 Výsledky lineární regrese.

Objem	Směrnice regresní přímky	Korelační koeficient
V <sub>1</sub>	0,0949	0,990393
V <sub>2</sub>	0,0916	0,999079
V <sub>3</sub>	0,1141	0,997964
V <sub>4</sub>	0,1867	0,998222



Graf 3 Závislost velikosti směrnice regresní přímky na počtu pracích cyklů.

## 2.5 Experiment I: se vzorkem C (50%Bavlna, 50%TreviraBioactive)

**Cíl experimentu:** Porovnat, jak násobné praní ovlivňuje vlastnosti antibakteriální úpravy na antibakteriálně upravených textiliích.

**Doba zákvasu:** 95 hodin

**Roztok:** 45 ml „zásobního roztoku kvasinek“ + 5 ml roztoku živné soli

**Obsah jednotlivých objemů:**

$V_1$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku C0

$V_2$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku C1

$V_3$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku C25

$V_4$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku C40

**Trvání fermentace:** pokusy proběhly v rozmezí 190. a 210. minuty

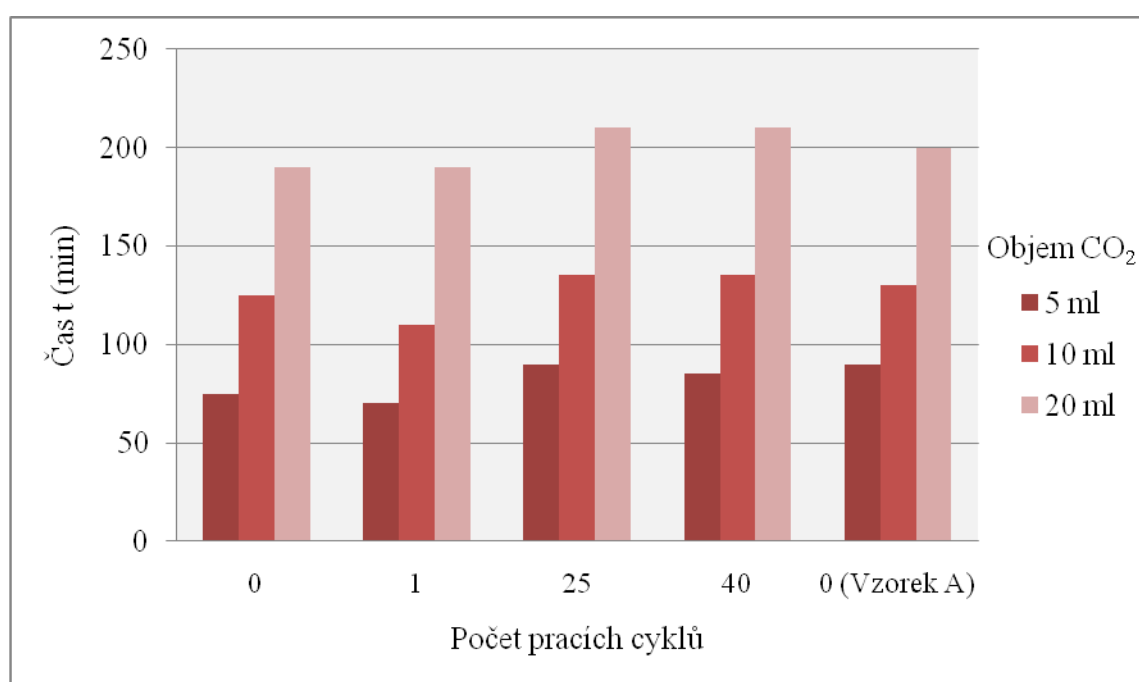
**Rozsah hodnot na pipetách:** od 20 – 0 ml

### 2.5.1 Výsledek experimentu

Tab. 5 Závislost objemu  $V$  (ml) na čase  $t$  (min).

$t$ (min)	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$
10	0,8	0,2	0,3	0,3
20	1	0,2	0,3	0,7
30	1,7	0,8	1	1
40	2,5	3	2	2
50	3	3,3	2,3	2,3
60	3,5	4	2,8	2,8
70	4,5	5	3,5	3,5
80	5,5	6	4,2	4,2
90	6,3	7,4	5,2	5,3
100	7,3	8,5	6	6,2
110	8,4	9,7	7	7,3
120	9,5	11	8,2	8,4
130	10,7	12,2	9,4	9,4
140	12	13,7	10,7	10,5

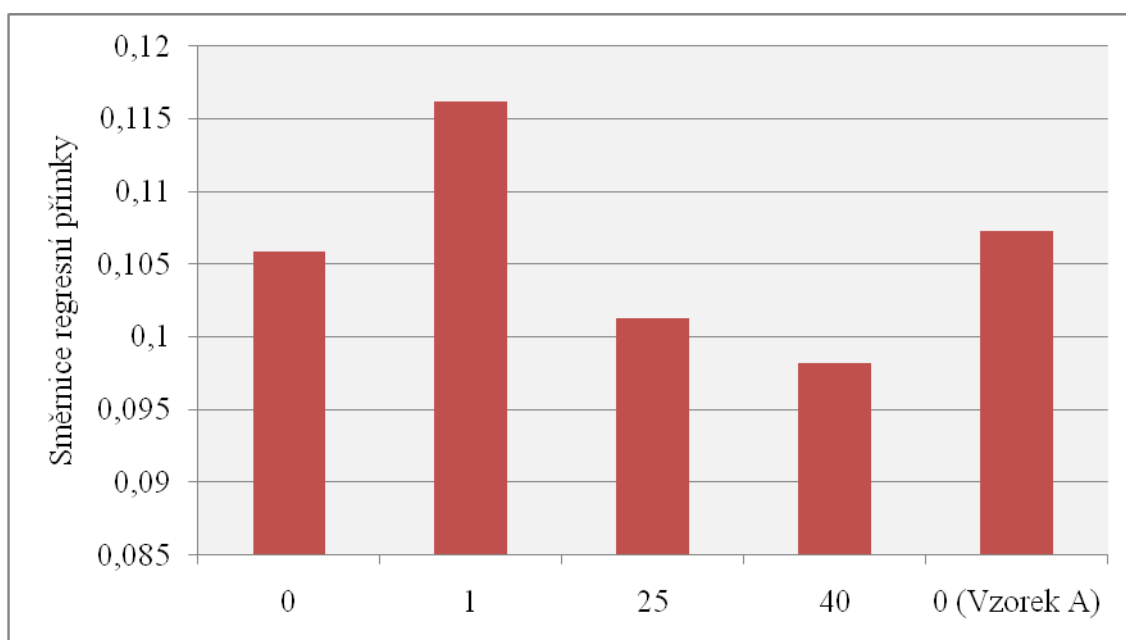
t (min)	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>
150	13,5	15	11,9	11,5
160	15	16,5	13,1	12,9
170	16,5	17,8	14,4	14
180	18,1	19,3	15,8	15,5
190	20	20	17,5	16,9
200			18,8	18
210			20	20



Graf 4 Závislost rychlosti fermentace na počtu pracích cyklů.

Tab. 6 Výsledky lineární regrese.

Objem	Směrnice regresní přímky	Korelační koeficient
V <sub>1</sub>	0,1059	0,985331
V <sub>2</sub>	0,1162	0,995257
V <sub>3</sub>	0,1013	0,986382
V <sub>4</sub>	0,0982	0,987573



*Graf 5 Závislost velikosti směrnice regresní přímky na počtu pracích cyklů.*

## 2.6 Experiment I: se vzorkem D (50% Bavlna, 30% Smartcell sensitive, Seacell pure)

**Cíl experimentu:** Porovnat, jak násobné praní ovlivňuje vlastnosti antibakteriální úpravy na antibakteriálně upravených textiliích.

**Doba zákvasu:** 95 hodin

**Roztok:** 45 ml „zásobního roztoku kvasinek“ + 5 ml roztoku živné soli

**Obsah jednotlivých objemů:**

$V_1$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku D0

$V_2$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku D25

$V_3$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku D40

**Trvání fermentace:** 240 minut

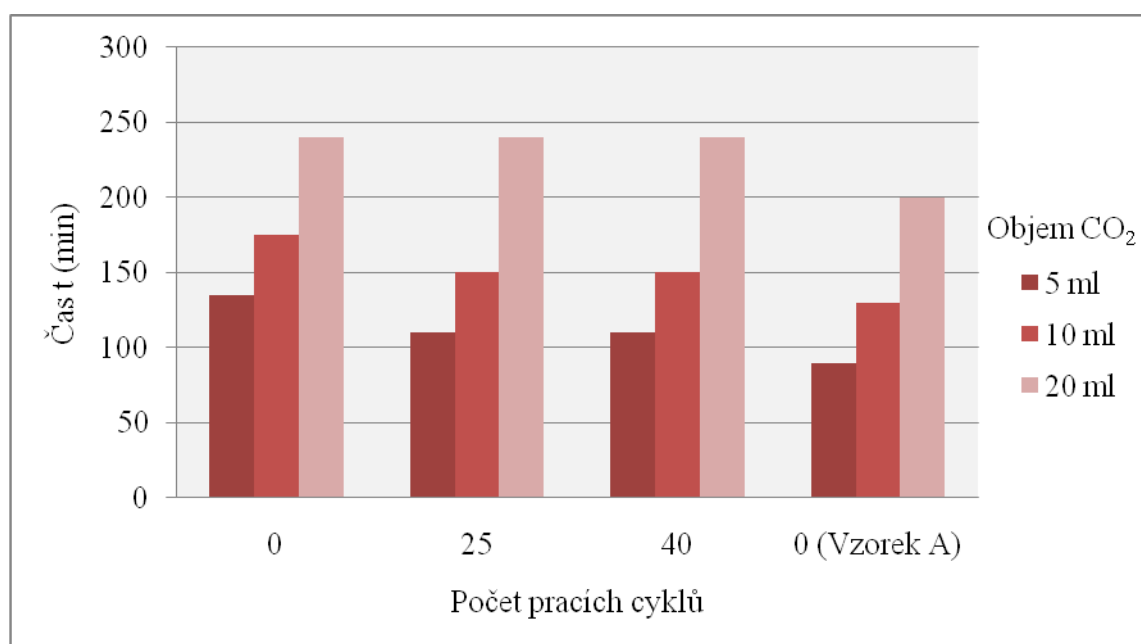
**Rozsah hodnot na pipetách:** od 20 – 0 ml

### 2.6.1 Výsledek experimentu

Tab. 7 Závislost objemu  $V$  (ml) na čase  $t$  (min).

<b>t (min)</b>	<b><math>V_1</math></b>	<b><math>V_2</math></b>	<b><math>V_3</math></b>
10	0,2	0,2	0,2
20	0,2	0,8	0,5
30	0,5	1	1
40	0,5	1	1,2
50	0,5	1,6	1,8
60	1	2	2,1
70	1,1	2,2	2,5
80	1,8	2,8	2,9
90	2,2	3,5	3,5
100	2,6	4,2	4,3
110	3,2	5,1	5,1
120	3,8	6,3	6,3
130	4,5	7,5	7,5
140	5,4	8,6	8,7

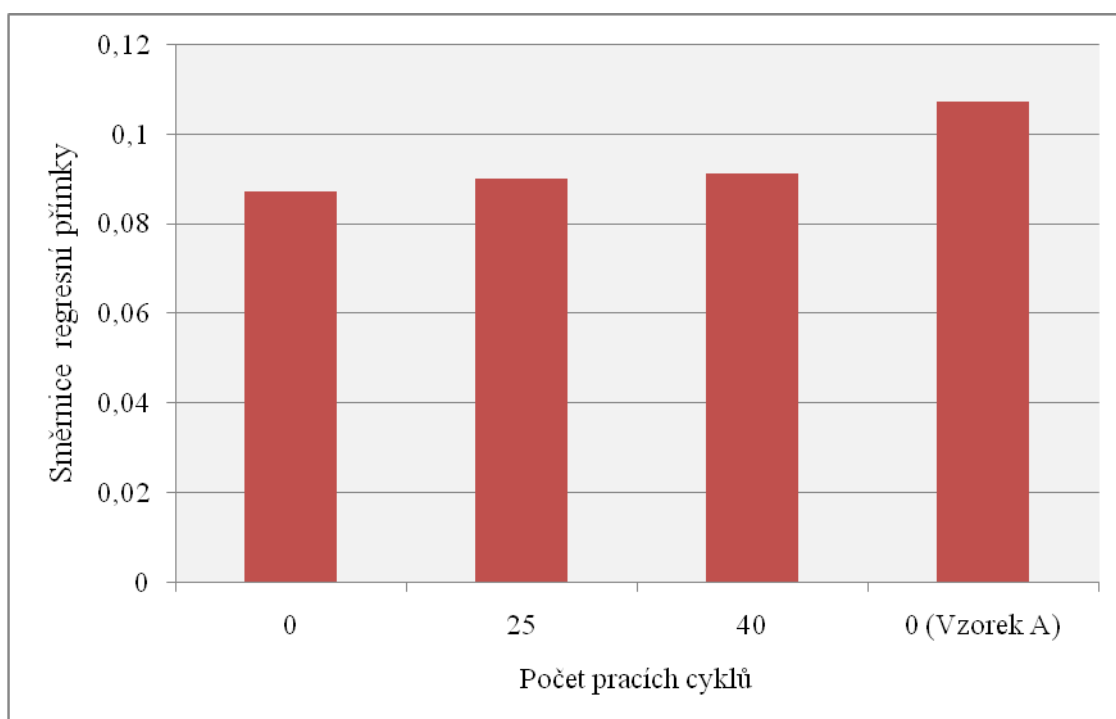
<b>t (min)</b>	<b>V<sub>1</sub></b>	<b>V<sub>2</sub></b>	<b>V<sub>3</sub></b>
150	6	9,9	9,9
160	7,2	10,9	11
170	8,8	12	12,1
180	11	13,5	13,7
190	12,5	14,5	14,8
200	13,5	15,3	15,5
210	15,5	15,5	16,9
220	17,2	17,8	17,9
230	19,5	19	19
240	20	20	20



*Graf 6 Závislost rychlosti fermentace na počtu pracích cyklů.*

*Tab. 8 Výsledky lineární regrese.*

<b>Objem</b>	<b>Směrnice regresní přímky</b>	<b>Korelační koeficient</b>
V <sub>1</sub>	0,0873	0,944259
V <sub>2</sub>	0,0900	0,982377
V <sub>3</sub>	0,0913	0,983175



*Graf 7 Závislost velikosti směrnice regresní přímky na počtu pracích cyklů.*

## 2.7 Experiment I: se vzorkem E (100% Bavlna upravená SILVERPLUS® protection)

**Cíl experimentu:** Porovnat, jak násobné praní ovlivňuje vlastnosti antibakteriální úpravy na antibakteriálně upravených textiliích.

**Doba zákvasu:** 95 hodin

**Roztok:** 45 ml „zásobního roztoku kvasinek“ + 5 ml roztoku živné soli

**Obsah jednotlivých objemů:**

$V_1$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku E0

$V_2$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku E1

$V_3$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku E25

$V_4$  – 50 ml roztoku + 1g vzorku E40

**Trvání fermentace:** pokusy proběhly v rozmezí 250. a 270. minuty

**Rozsah hodnot na pipetách:** od 20 – 0 ml

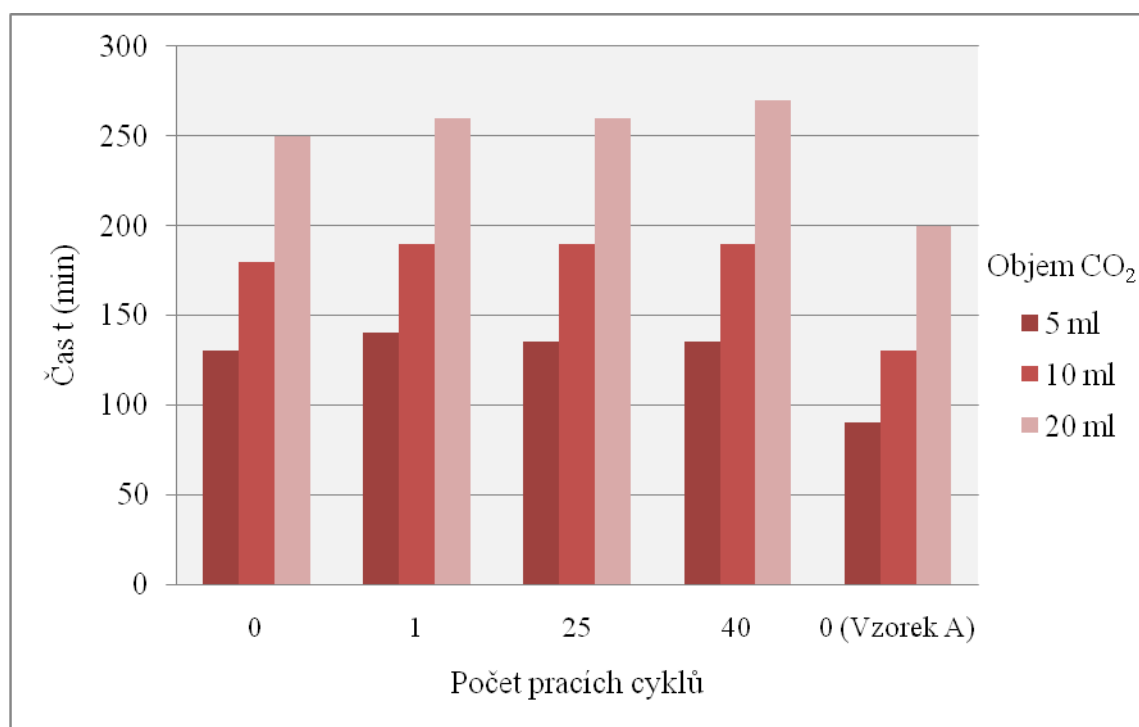
### 2.7.1 Výsledek experimentu

Tab. 9 Závislost objemu  $V$  (ml) na čase  $t$  (min).

$t$ (min)	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$
10	0,9	0,5	0,3	0,7
20	0,9	0,5	0,3	0,7
30	1	0,5	0,3	0,7
40	1,5	1,2	1	1,5
50	1,7	1,2	1	1,5
60	1,9	1,5	1,5	1,7
70	2	1,7	1,9	1,8
80	2,1	1,7	1,9	1,9
90	2,7	2,2	2,4	2,5
100	3,3	2,8	3	3
110	3,3	2,8	3,1	3,2
120	4	3,3	3,7	3,8



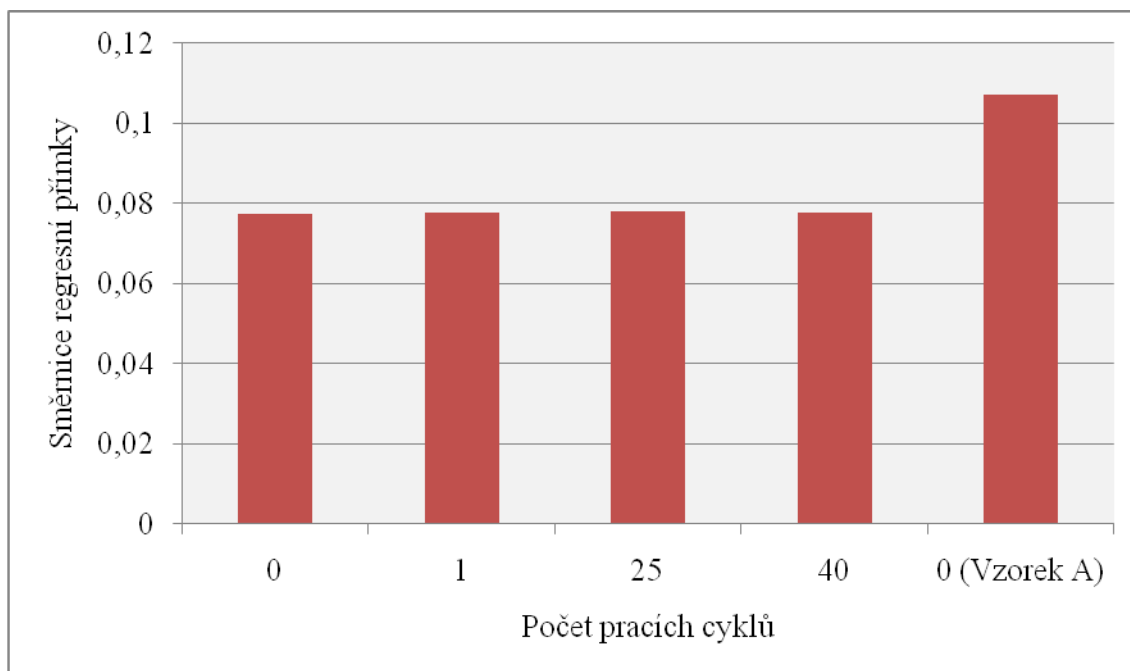
<b>t (min)</b>	<b>V<sub>1</sub></b>	<b>V<sub>2</sub></b>	<b>V<sub>3</sub></b>	<b>V<sub>4</sub></b>
130	4,8	4	4,3	4,4
140	5,8	5	5,3	5,5
150	6,5	5,9	6	6,4
160	7,5	6,7	6,9	7
170	9	8	8	8
180	9,8	9	9	9
190	11	10	10	10
200	12,5	11,7	11,5	11,7
210	13,8	13	12,8	13
220	15	14	14	14
230	16,8	15,8	15,8	15,5
240	18	17	17	16,7
250	20	19	19	18,5
260		20	20	19,5
270				20



*Graf 8 Závislost rychlosti fermentace na počtu pracích cyklů.*

Tab. 10 Výsledky lineární regrese.

Objem	Směrnice regresní přímky	Korelační koeficient
V <sub>1</sub>	0,0774	0,951839
V <sub>2</sub>	0,0778	0,950805
V <sub>3</sub>	0,0780	0,956935
V <sub>4</sub>	0,0775	0,959682



Graf 9 Závislost velikosti směrnice regresní přímky na počtu pracích cyklů.

### 3 Vyhodnocení a diskuze

První experiment I se vzorkem A – slepý vzorek (100% Bavlna bez antibakteriální úpravy), slouží k relativnímu porovnávání s antibakteriálně upravenými materiály po násobném praní. Důležitými naměřenými hodnotami jsou doba fermentace a směrnice regresní přímky. Doba fermentace byla 200 minut a směrnice regresní přímky 0,1073. Tyto dvě hodnoty slouží jako meze pro porovnání. Pokud doba fermentace u testovaných antibakteriálně upravených vzorků bude větší než hodnota 200 minut, nebo bude směrnice regresní přímky, větší než hodnota 0,1073 bude antibakteriálně upravený materiál vykazovat vysoký antibakteriální účinek vůči modelovým organismům – „zásobnímu roztoku kvasinek“. V opačném případě, kdy bude doba fermentace menší než 200 min a směrnice regresní přímky nižší než hodnota 0,1073 bude antibakteriálně upravený materiál vykazovat nízký antibakteriální účinek vůči modelovým organismům.

Nejlepší antibakteriální účinek po násobném praní tj. 40 pracích cyklech vykazoval, vzorek E (100% Bavlna naimpregnovaná prostředkem SILVERPLUS® protection). Nejnižší antibakteriální účinek po 40 pracích cyklech zajistil vzorek B (60% Bavlna, 20% SeaCell active, 20% SeaCell pure).

Výborný antibakteriální účinek po násobném praní ukazuje na to, že pracími cykly se z naimpregnovaného materiálu uvolnilo minimální množství impregnačního prostředku SILVERPLUS® protection, tudíž funkce impregnačního prostředku nebyla potlačena. Nízký antibakteriální účinek, je dán tím, že násobným praním se antibakteriální úprava „seprala“ a uvolňování stříbrných iontů v porovnání s nevypraným materiálem se výrazně zhoršilo.

Překvapivě dopadl experiment se vzorkem C (50% Bavlna, 50% TreviraBioactive). Po deseti pracích cyklech, měl vzorek C (50% Bavlna, 50% TreviraBioactive) nižší dobu fermentace, než slepý vzorek A (100% Bavlna bez antibakteriální úpravy), tzn. nízký antibakteriální účinek. Až zhruba od 25 pracího cyklu začal upravený materiál vykazovat lepší antibakteriální vlastnosti, než před praním, a po 10 –ti pracích cyklech. Tento výsledek by mohl být zdůvodněn tím, že složení našeho pracího prostředku (nenormovaného) mohl v materiálu vyvolat aktivnější antibakteriální úpravu.

Experiment kvasícím procesem by bylo pro efektivnější srovnání vhodné provést na každém materiálu několikrát. Z časového hlediska a nedostatku potřebných chemikálií, konkrétně granulovaných kultur vinných kvasinek „VÍNKA“ nemohlo být realizováno více než jedno měření na každém materiálu.

## 4 ZÁVĚR

Antibakteriálně upravené textilie mají za úkol chránit proti nežádoucímu přemnožení patogenních druhů mikroorganismů. Zároveň musí být prodyšné a nezávadné pro lidskou pokožku. Tyto vlastnosti zvyšují komfort nošení.

Úkolem bakalářské práce bylo otestovat změny antibakteriálních vlastností po násobném praní. Měření probíhalo na nově navrhnuté aparatuře a dále pak naočkováním gramnegativními bakteriemi *E. coli* (viz PŘÍLOHA A). Experimenty byly prováděny s různými druhy antibakteriálně upravených materiálů.

Základním experimentem u kvasícího procesu, tedy u experimentu I, bylo testování slepého vzorku – neupravené 100% bavlny. Tento vzorek sloužil k porovnání s antibakteriálně upravenými materiály. Z experimentů vyplývá, že násobné praní výrazně neovlivnilo antibakteriální vlastnosti antibakteriálně upravených textilií.

Testování kvasícím procesem přineslo zajímavý výsledek u vzorku C (50%Bavlna, 50%TreviraBioactive), kde se vyšší antibakteriální účinek dostavil až po násobném praní (zhruba po 25 pracím cyklu).

Bylo by zajímavé pokračovat v navazující experimentální činnosti, kde by se vzorky vypraly při vyšších teplotách, nebo by se realizovalo více než 40 pracích cyklů.

## Seznam použitých literárních zdrojů

- [1] RYŠKOVÁ, Dagmar. *Základy lékařské mikrobiologie a imunologie – učební texty pro bakalářské studium*. 2. dotisk 1.vyd. Praha: Karolinum, 2008. ISBN 978-80-246-0135-9.
- [2] [www.atopickyekzem.cz](http://www.atopickyekzem.cz) [online]. [vid. 2011-03-27]. Dostupné z WWW: <<http://www.atopickyekzem.cz/>>.
- [3] *Mikroorganismy* [online]. [vid. 2011-03-27]. Dostupné z WWW: <<http://galaktis.cz/clanek/mikroorganismy/>>.
- [4] PODSTATOVÁ, Hana. *Základy epidemiologie a hygieny*. 1.vyd. Praha: Galén, 2009; Praha: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-7262-597-0 (Galén). ISBN 978-80-246-1631-5 (Karolinum).
- [5] *Mikroflóra lidského organismu* [online]. [vid. 2011-03-27]. Dostupné z WWW: <[http://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/mikrobiologie\\_lidskeho\\_organismu.pdf](http://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/mikrobiologie_lidskeho_organismu.pdf)>.
- [6] NĚMEC, Miroslav; KONĚTOPSKÝ, Antonín; FALTÝSEK, Pavel. *Biologie II*. Brno: Gymnázium J. G. Mendela, 1995.
- [7] *Bakterie* [online]. [vid. 2011-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://biologie.webz.cz/www/bakterie.html>>.
- [8] *Staph Infection* [online]. [vid. 2011-03-28]. Dostupné z WWW: <[http://www.medicinenet.com/staph\\_infection/article.htm](http://www.medicinenet.com/staph_infection/article.htm)>.
- [9] *Stavba bakteriální buňky* [online]. [vid. 2011-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://sszdra-karvina.cz/bunka/bi/02pro/prot2.htm>>.
- [10] *Bacteria* [online]. [vid. 2011-03-28]. Dostupné z WWW: <[http://www.musee-afrappier.qc.ca/en/index.php?pageid=3111b&image=3111b\\_aureus](http://www.musee-afrappier.qc.ca/en/index.php?pageid=3111b&image=3111b_aureus)>.
- [11] *Candidóza a jak na ni* [online]. [vid. 2011-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.zdravi4u.cz/view.php?cisloclanku=2005102602>>.
- [12] *Kvasinkovité mikroorganizmy* [online]. [vid. 2011-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.sci.muni.cz/mikrob/kvasbiotech/kvasmikro/kvasmikro.html>>.
- [13] *Eukaryotická buňka* [online]. [vid. 2011-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://trpitele.blog.cz/0711/biologie>>.
- [14] *Candida Albicans* [online]. [vid. 2011-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.yeast-infectiontreatment.info/candida-albicans>>.

- [15] *Plíseň nohou* [online]. [vid. 2011-03-28]. Dostupné z WWW: <[http://monka.hysteria.cz/marko/domaci\\_lekar/antimykotika.html](http://monka.hysteria.cz/marko/domaci_lekar/antimykotika.html)>.
- [16] *SILVER CODE SYSTEM – Technologie inotů  $Ag^+$*  [online]. [vid. 2011-04-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.antibacteria.cz/silver-code-system-ionty-stibra-ag.html>>.
- [17] *Bambus = bavlna pro 21. století* [online]. [vid. 2011-04-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.outdoorguide.cz/bambus--bavlna-pro-21-stoleti-439.html>>.
- [18] HES, Luboš; SLUKA, Petr. *Úvod do komfortu textilií*. 1.vyd. Liberec: TU Liberec, 2005. ISBN 80-7083-926-0.
- [19] *Finální úpravy textilií* [online]. [vid. 2011-04-02]. Dostupné z WWW: <<https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-01-16/12-38-58.pdf>>.
- [20] *Stříbro* [online]. [vid. 2011-04-03]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99%C3%ADbro>>.
- [21] *Stříbro* [online]. [vid. 2011-04-03]. Dostupné z WWW: <[http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/pedf/js07/mineraly/materialy/mineraly/elementy\\_strebro.html](http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/pedf/js07/mineraly/materialy/mineraly/elementy_strebro.html)>.
- [22] *Silver* [online]. [vid. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Silver>>.
- [23] *Technical White Paper: Antimicrobial Activity of Silver* [online]. [vid. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.beggandco.com/admin/downloads/Antimicrobial%20Activity%20of%20Silver-09-05.pdf>>.
- [24] VEJSADOVÁ, L. *Biocidní test pro textilní substráty*. Liberec, 2009. Bakalářská práce na Textilní fakultě Technické Univerzity na katedře textilní chemie. Vedoucí bakalářské práce Jakub Wiener.
- [25] *Does the Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles Depend on the Shape of Nanoparticle? A study of the Gram – Negative Bacterium Escherichia coli* [online]. [vid. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://aem.asm.org/cgi/content/full/73/6/1712>>.
- [26] *Koloid* [online]. [vid. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Koloid>>.
- [27] *Koloid* [online]. [vid. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?koloid>>.
- [28] *Povídání o koloidním stříbre* [online]. [vid. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <[http://kolumber.com/Ag\\_story.php](http://kolumber.com/Ag_story.php)>.

- [29] *Koloidní stříbro* [online]. [vid. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.almiro.cz/strebro.html>>.
- [30] *Bamboo Fiber – A Brief Analysis* [online]. [vid. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.teonline.com/knowledge-centre/bamboo-fiber.html>>.
- [31] *Koloidní stříbro* [online]. [vid. 2011-04-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.strebro.com/1.htm>>.
- [32] *Generátory koloidního stříbra* [online]. [vid. 2011-04-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.celmed.cz/?p=productsList&iCategory=18&sName=generatory-koloidniho-stibra>>.
- [33] *Workwear made from Trevira bioactive* [online]. [vid. 2011-04-09]. Dostupné z WWW: <[http://www.drapilux.com/en/pdf/trevira\\_dornbirn2004\\_study.pdf](http://www.drapilux.com/en/pdf/trevira_dornbirn2004_study.pdf)>.
- [34] ČSN EN ISO 6330 (80 0821): *Textilie – Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií*. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [35] *Kvašení* [online]. [vid. 2011-04-10]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Fermentace>>.
- [36] *Výroba vína, jak se vyrábí víno* [online]. [vid. 2011-04-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.global-wines.cz/vyroba-vina>>.
- [37] *Sucrose* [online]. [vid. 2011-04-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.worldofmolecules.com/foods/sucrose.htm>>.
- [38] *How Trevira Bioactive works* [online]. [vid. 2011-04-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.trevira.com/en/textiles-made-from-trevira/antimicrobial-textiles/how-trevira-bioactive-works.html>>.
- [38] *GS 1000 BIOACTIVE gemäß EN 420, EN 388, EN 12477* [online]. [vid. 2011-04-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.penkert.com/nc/schutzhandschuhe/produktuebersicht/katalog/0/28.html>>.
- [39] *New Hygienic World* [online]. [vid. 2011-04-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.rudolf.de/innovations/new-hygienic-world.htm>>.
- [40] *Textilie - Zjišťování antibakteriálního účinku antibakteriálně upravených výrobků* [online]. [vid. 2011-04-12]. Dostupné z WWW: <<http://shop.normy.biz/d.php?k=80377>>.
- [41] ČSN EN ISO 20743 (800068): *Textilie – Zjišťování antibakteriálního účinku antibakteriálně upravených výrobků*. Praha, Český normalizační institut, 2008.
- [42] *VIALKY SHELL* [online]. [vid. 2011-04-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.verkon.cz/vialky-shell/>>.



- [43] Grant Bio Combined Centrifuge Vortex Mixer Combi-Spin PCV-2400 [online]. [vid. 2011-04-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.labsource.co.uk/shop/grant-bio-combined-centrifuge-vortex-mixer-combispin-pcv2400-p-293.html>>.
- [44] AATCC 100 – 2004: *Antibacterial finishes on materials: Assesment of*. North Carolina: American Association of Textile Chemists and Colorists, 2004.
- [44] AATCC 147 – 2004: *Antibacterial activity assessment of textile materials: parallel streak method.* , North Carolina: American Association of Textile Chemists and Colorists,2004.

## **PŘÍLOHA A**

**Experiment II:** Testování metodou AATCC Method 100 - An American Standard 1993.

**Cíl experimentu:** Porovnat, jak násobné praní ovlivňuje vlastnosti antibakteriální úpravy na antibakteriálně upravených textiliích.

### **Testované bakteriální kmeny**

Pro testování byla použita gramnegativní tyčinkovitá bakterie *E.coli* – bakteriální kmen dle CCM 2024 (ATCC 9637).

Bakteriální kmen je referenční kulturou mikroorganismů (dle ALE-G18, ČSNI), zakoupené z České sbírky mikroorganismů Masarykovy univerzity v Brně.

Inkubace byla provedena na sterilním krevním agaru (Columbia agar) – zakoupeno od firmy BIO-RAD.

### **Testované materiály**

#### **Vzorek A**

Označení: Vzorek A

Materiálové složení: 60% Bavlna, 20% SeaCell active, 20% SeaCell pure

Antibakteriální úprava: Aktivní

Nosný materiál: Tkanina (režná)

Plošná hmotnost [g/m<sup>2</sup>]: 118

#### **Vzorek B**

Označení: Vzorek B

Materiálové složení: 50% Bavlna, 50% TreviraBioactive

Antibakteriální úprava: Aktivní

Nosný materiál: Tkanina

Plošná hmotnost [g/m<sup>2</sup>]: 158

### **Vzorek C**

Označení: Vzorek C

Materiálové složení: 50% Bavlna, 30% Smartcell sensitive, SeaCell pure

Antibakteriální úprava: Aktivní

Nosný materiál: Pletenina

Plošná hmotnost [g/m<sup>2</sup>]: 146

### **Vzorek D**

Označení: Vzorek D

Materiálové složení: 100% Bavlna

Antibakteriální úprava: Pasivní

Nosný materiál: Tkanina

Plošná hmotnost [g/m<sup>2</sup>]: 146

Poznámka: Materiál byl naimpregnován antibakteriálním prostředkem SILVERPLUS<sup>®</sup> protection od firmy Rudolf GmbH. Postup impregnace je popsán v kapitole 2.1.

Praní bylo prováděno podle pracího postupu uvedeného v normě ČSN EN ISO 6330 (80 0821). Odchytky od doporučeného postupu jsou popsány v kapitole 2.1.1. Celkem bylo provedeno 40 pracích cyklů. U všech cyklů probíhal stejný postup praní. Cykly praní označovány jako čísla za označeními vzorků.

### **Postup testování**

Na testování byly nastříhány vzorky testovaných materiálů o rozměrech 18 x 18 mm. Vzorky byly sterilizovány ve sterilizátoru po dobu 20 minut při teplotě 90°C. Vysterilizované vzorky byly umístěny do sterilních kontejnerů a zaočkovány bakteriálním inokulem v koncentraci 10<sup>5</sup>/ ml v objemu 0,1 ml bakteriálního inokula. Kontejnery byly umístěny do termostatu a kultivovány při teplotě 37 °C po dobu 24 hodin. Po 24 hodinách kultivace bylo do kontejnerů přidáno 10 ml fyziologického roztoku, čímž bylo ředění bakterií upraveno na 10<sup>3</sup>/ml. Kontejnery byly protřepány (vortexovány) po dobu 5 minut. Z každého kontejneru byl odebrán 1 ml bakteriologického média, které bylo vyočkováno na Petriho misku s krevním agarem. Misky byly umístěny do termostatu a inkubovány po dobu 24 hodin při teplotě 37°C. Výsledky byly vyfoceny a zhodnoceny podle normovaného postupu.

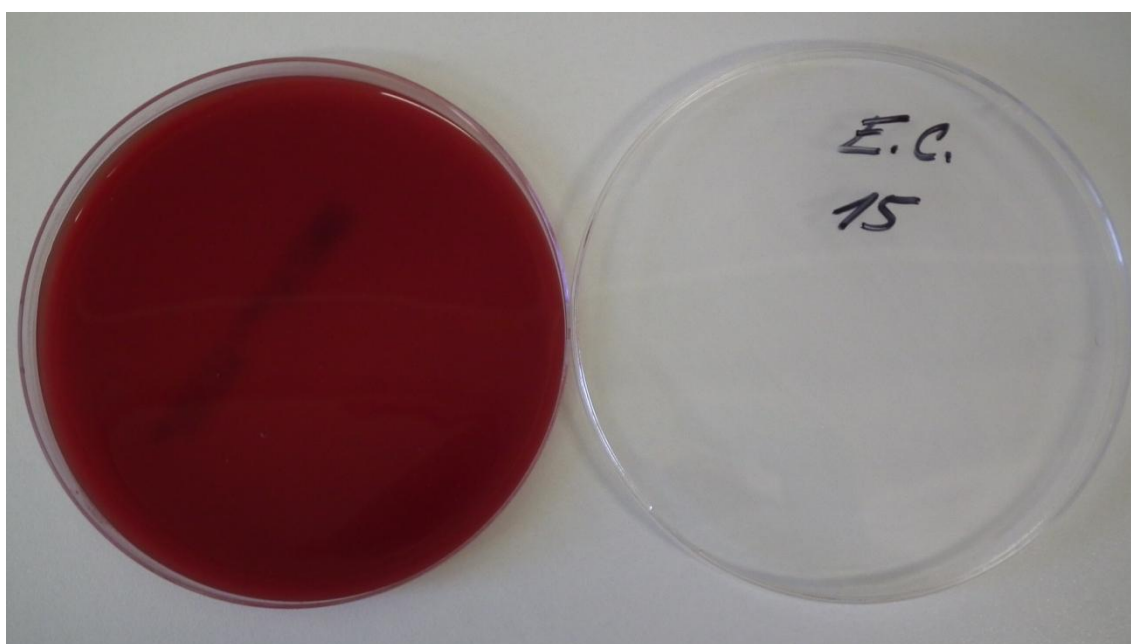
## Výsledek experimentu II

*Výsledek experimentu.*

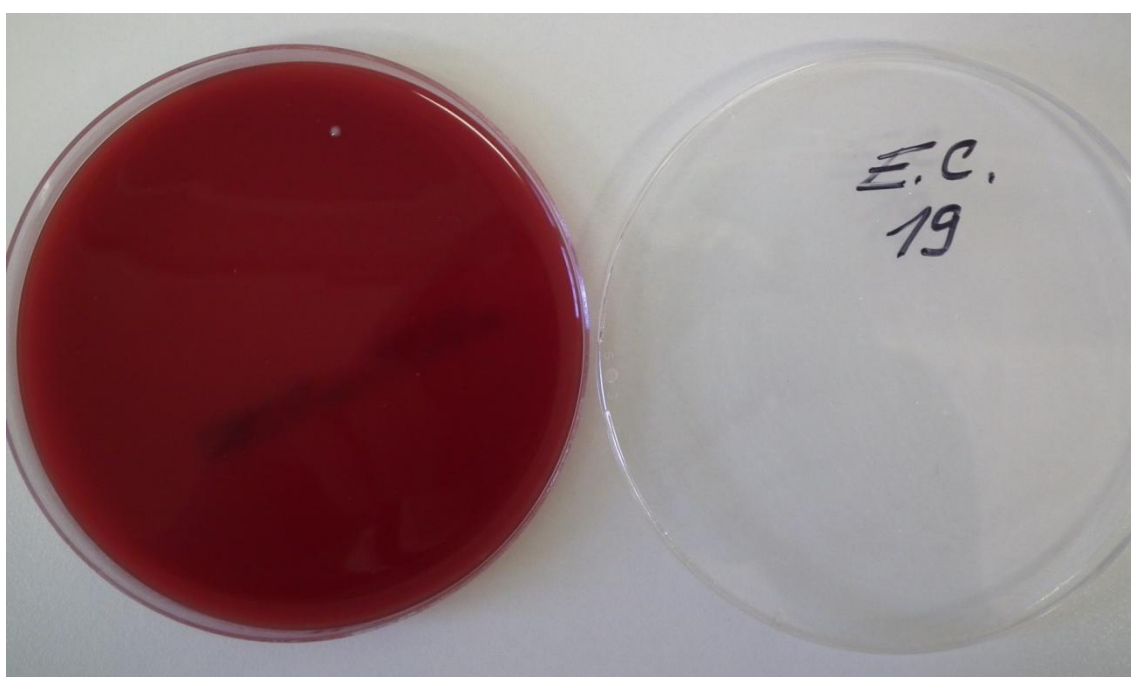
Vzorek	Procento inhibice
Vzorek A0	0
Vzorek A1	0
Vzorek A25	88,8
Vzorek A40	0
Vzorek B0	100
Vzorek B1	57,5
Vzorek B25	99,9
Vzorek B40	0
Vzorek C0	99,9
Vzorek C1	0
Vzorek C25	97,5
Vzorek C40	0
Vzorek D0	0
Vzorek D1	0
Vzorek D25	0
Vzorek D40	0

100% inhibice, tedy úplnému utlumení bakteriálního růstu bylo dosaženo u vzorku B (50% Bavlina, 50% TreviraBioactive) po 0 pracích cyklech. Vynikající inhibiční schopnosti vykazovaly vzorky B (50% Bavlina, 50% TreviraBioactive) po 25 pracích cyklech a C (50% Bavlina, 30% Smartcell sensitive, SeaCell pure) po 0 pracích cyklech. Naopak žádný inhibiční účinek nevykázaly vzorky A (60% Bavlina, 20% SeaCell active, 20% SeaCell pure) po 0, 1 a 40 pracích cyklech; B (50% Bavlina, 50% TreviraBioactive) po 40 pracích cyklech; C (50% Bavlina, 30% Smartcell sensitive, SeaCell pure) po 40 pracích cyklech; D (100% Bavlina upravená SILVERPLUS® protection) po 0, 1, 25 a 40 pracích cyklech.

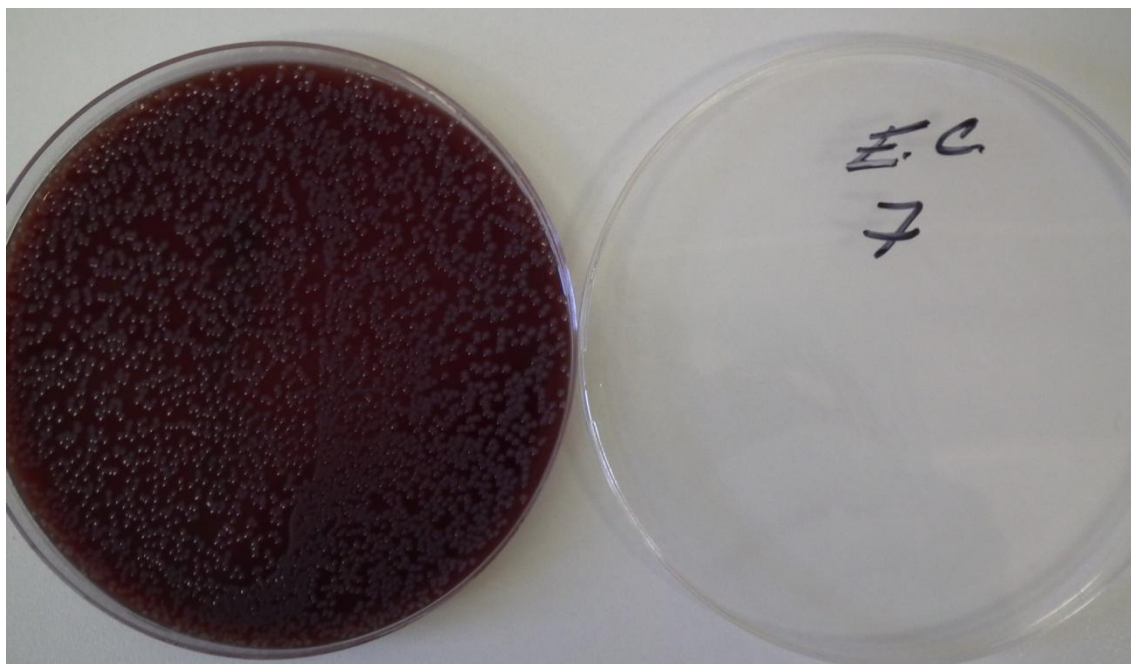
Na ukázkou byly vybrány obrázky se 100% inhibicí, vynikajícími inhibičními schopnostmi a žádnými inhibičními účinky.



*Bez bakteriálních kolonií - 100% inhibice; vzorek B0.*



*Počet obnovených kolonií 1 - 99,9% inhibice; vzorek B25.*



*Kompaktní výsev - 0% inhibice; vzorek A40.*